



Éghajlatváltozás és alkalmazkodás — A Nemzeti Alkalmazkodási Térinformatikai Rendszer (NATéR) kialakítása

Egy hatékony eszköz a megfelelő válaszokhoz

HU04 — Alkalmazkodás az éghajlatváltozáshoz program
EEA-C11-1 projekt



NAK

NEMZETI ALKALMAZKODÁSI KÖZPONT
Magyar Földtani és Geofizikai Intézet

Éghajlatváltozás és alkalmazkodás — A Nemzeti Alkalmazkodási Térinformatikai Rendszer (NATÉR) kialakítása

Egy hatékony eszköz a megfelelő válaszokhoz

HUo4 — Alkalmazkodás az éghajlatváltozáshoz program
EEA-C11-1 projekt

Budapest, 2016

TARTALOM

Köszöntő.....	3
Éghajlatváltozás: a kihívás	4
A NatéR projekt háttere, működési keretei	6
A NatéR rendszer célja	7
Az eszköz: adatbázisok és szoftver az éghajlatváltozás nyomon követésének szolgálatában – az informatikai háttér	8
A NatéR adatbázis hardverkörnyezete	8
A NatéR adatbázis tartalmi egységei, szoftverei	9
Metaadatok: tájékozódás az adatrendszerben.....	9
NatéR felhasználói felület.....	9
A módszertan: éghajlati sérülékenység-vizsgálati keretrendszer	10
A válaszok: éghajlati alkalmazkodással kapcsolatos NATéR eredmények.....	12
Az éghajlatváltozás hatása a felszín alatti vizekre	12
Az éghajlatváltozás hatása az ivóvízbázisokra	14
Az éghajlatváltozás hatása a villámárvíz-veszélyre	17
A Balaton vízforgalmának az éghajlatváltozás hatására becsült változása	19
Az éghajlatváltozás hatása a földhasználatra.....	20
Az éghajlatváltozás hatása a mezőgazdasági biomassza-termelésre	22
Az éghajlatváltozás hatása a az erdőgazdálkodásra	23
Az éghajlatváltozás hatása a természetes élőhelyekre.....	25
A tudás megosztása – projekteredmények disszeminációja	27
Események	27
Előadások, posztetek	27
Publikációk	29
PR tevékenységek.....	29
Lépjen be ön is a NATéR rendszerbe!	30

KÖSZÖNTŐ

A 2012 áprilisában, két nagy múltú intézmény (ELGI és MÁFI) integrációjával létrehozott Magyar Földtani és Geofizikai Intézet (MFGI) – az alapító intézmények korábbi feladatai mellett – létrejött óta ellátja a hazai éghajlatváltozással kapcsolatos stratégiai tervezési, döntés-előkészítési és kutatási feladatokat. Ennek keretében kezdtektől fogva megtervezője és megvalósítója a Nemzeti Alkalmazkodási Térinformatikai Rendszernek (NATÉR). A NATÉR Portál 2016. május 1-jei indulásával egy közel négy éve indult fejlesztési folyamat fontos mérföldkövéhez érkezünk.

A NATÉR létrehozásának jogi alapját a 2007. évi LX. törvény 2010. évi módosítása teremtette meg. A Nemzeti Fejlesztési Minisztérium (NFM) felkérésére az MFGI-ben 2012-ben elkészített Koncepcionális és megvalósíthatósági tanulmány részletesen feltárta a NATÉR létrehozásának indokoltságát, hátterét. Olyan többcélú felhasználásra alkalmas adatrendszer és információtechnológiai eszköz kialakítását tűztük ki célul, amely objektív információkkal segíti a változó körülményekhez igazodó, rugalmas döntés-előkészítést, döntéshozást és tervezést.

A célkitűzés alapján intenzív tudományos és műszaki fejlesztés indulhatott meg, melynek finanszírozási hátterét Izland, Lichtenstein és Norvégia az Európai Gazdasági Térség (EGT) Támogatási Alap Alkalmazkodás az Éghajlatváltozás Programja keretében biztosított 95%-os támogatása teremtette meg. A 2013. szeptember 24-én indult projekt során a finanszírozót a Közép- és Kelet-Európai Környezetvédelmi Központ (REC) képviselte. A fejlesztési folyamatot az is segítette, hogy az NFM és az MFGI együttműködésében kidolgozásra került a NATÉR működésének részletes szabályairól szóló 94/2014. (III. 21.) kormányrendelet, illetve a NATÉR Üzemeltetési szabályzata.

A NATÉR Projekt során az MFGI-ben létrehoztuk az informatikai rendszer stabil működéséhez szükséges hardver- és szoftverkörnyezetet. Megterveztük, feltöltöttük és alkalmaztuk az adatbázisokat, kialakítottuk a keresésben kulcsfontosságú metaadatbázist. Intézetünkben és az

Alkalmazkodás az Éghajlatváltozáshoz Program társprojektjeit megvalósító szakmai műhelyekben kidolgozott több száz adatréteg térképi megjelenítésére webes térképszolgáltatást indítottunk. Az MFGI-ben is számos tematikus értékelés készült, többek között a felszín alatti vizeink, ivóvízbázisaink éghajlatváltozással szembeni sérülékenységét vagy a villámárvíz-kockázat alakulását bemutató adatrétegek.



A projekt megvalósítása során szerzett tapasztalataink szerint nemcsak az elért eredmények jelentenek mérföldkövet az éghajlatváltozás várható hatásainak hazai kutatásában és értelmezésében, hanem a szakmai együttműködés során létrejött intézményközi hálózat, az adatbázisok egységes alapokra helyezése, összekapcsolása, a közös kutatói nyelv kialakítása is nagy előrelépést jelentenek a hazai klímapolitikai döntéshozatali rendszer szakmai megerősítésében.

Bízunk abban, hogy a NATÉR portálon elérhető, jól áttekinthető adatbázis, a szemléletes térképek meg fogják győzni a felhasználókat is arról, hogy az éghajlatváltozáshoz való alkalmazkodás megkerülhetetlen tényező. Arra törekedtünk, hogy az országos, térségi és települési szintű tervezésben, a döntéshozatalban, továbbá a kutatásban, oktatásban, valamint az éghajlatváltozás iránt érdeklődő szélesebb közönség számára a mindennapokban is jól használható legyen ez a térinformatikai és stratégiai tervezést támogató eszköz.

Ezúton is megköszönöm a munkában részt vevő minden kolléga és intézmény áldozatos munkáját, az EGT Alap támogatását, a REC segítő hozzáállását a projekt végrehajtása során, továbbá a feladat szakmai felügyeletét ellátó NFM közreműködését.

Kérem, a következő oldalakon ismerjék meg a NATÉR fejlesztését és látogassanak el a portálra, a <http://nater.mfgi.hu> oldalra!

Dr. FANCSIK Tamás
c. egyetemi tanár, az MFGI igazgatója

ÉGHAJLATVÁLTOZÁS: A KIHÍVÁS



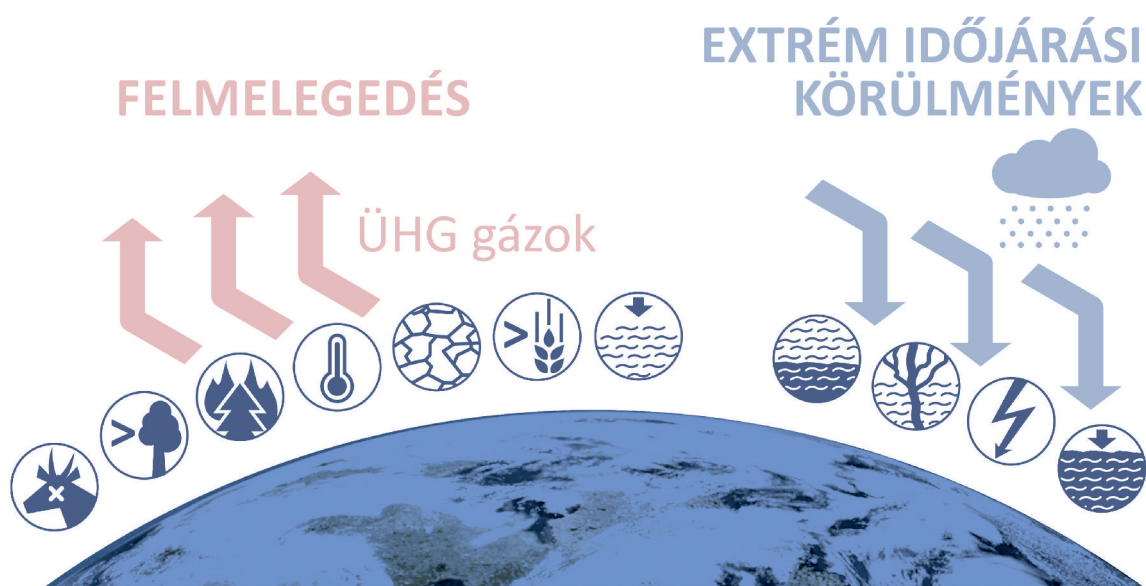
A KIHÍVÁS

Napjaink egyik legfontosabb világméretű kihívása a globális éghajlatváltozás, mely egyre sürgetőbb és komplexebb válaszokat vár a társadalmaktól. A szélsőséges időjárási események mértéke és gyakorisága világszerte nő, az éghajlatváltozás hatásai számos térséget, gazdasági ágazatot tesznek sebezhetővé. A jelenség megszüntetése vagy mérséklése nem lehetséges helyi alkalmazkodási stratégiák kifejlesztése és gyakorlatba való átültetése nélkül. Mindehhez a jelenségek, trendek, hatások pontos beazonosítására és nyomon követésére van szükség.

Egyes térségek lakossága és gazdasága különösen sérülékeny az éghajlat akár minimális változásával szemben is. Ugyanakkor az emberek kiszolgáltatottsága már akkor is fokozódhat, ha az éghajlati tényezők tartósan nem, vagy csak kismértékben változnak (pl. ártéri építkezés, hegyoldali erdőirtás következtében). Az éghajlati tényezők gyors változása pedig tovább bonyolítja ezt a helyzetet.

Az éghajlatváltozáshoz történő alkalmazkodás nélkülözhetetlen annak érdekében, hogy a különböző térségek továbbra is vonzóak, élhetőek maradjanak. A mitigációs (mérséklési) szempontok (üvegházhatású gázok kibocsátásának csökkentése) és az alkalmazkodási (adaptációs) aspektusok együttes alkalmazása jelenthet hatékony választ a kockázatok ellenében.

Európában az éghajlatváltozás területi hatásai változatosak, és az egyes területek alkalmazkodási képessége is különbözik egymástól. Ebből következően néhány térség és ágazat sérülékenyebb a hatásokkal szemben. A tengerparti zónák, az árvízveszélynek kitett völgyek és síkvidékek, a hegységi területek, a sarkvidék, valamint a városok és városias terek is különösen érzékenyek a klimatikus tényezők változására. A differenciált sérülékenység hazánkban is jelentkezik. A medencefekvés miatt az árvízveszély jelent komoly kockázatot. Ha nem is dél-európai léptékben, de térségünk mezőgazdaságát aszály, elsivatagosodás és a hóhullámok is fenyegetik. Sűrűn lakott városi térségeink a beépített területek magas arányából következően rendkívül érzékenyek a hőmérséklet növekedésére és az árvizekre, a koncentráló lakosság



miatt az extrém időjárási eseményekre. Hazánk területének jelentős része pedig a vízhiány és vízbőség kettős szorításában szenved.

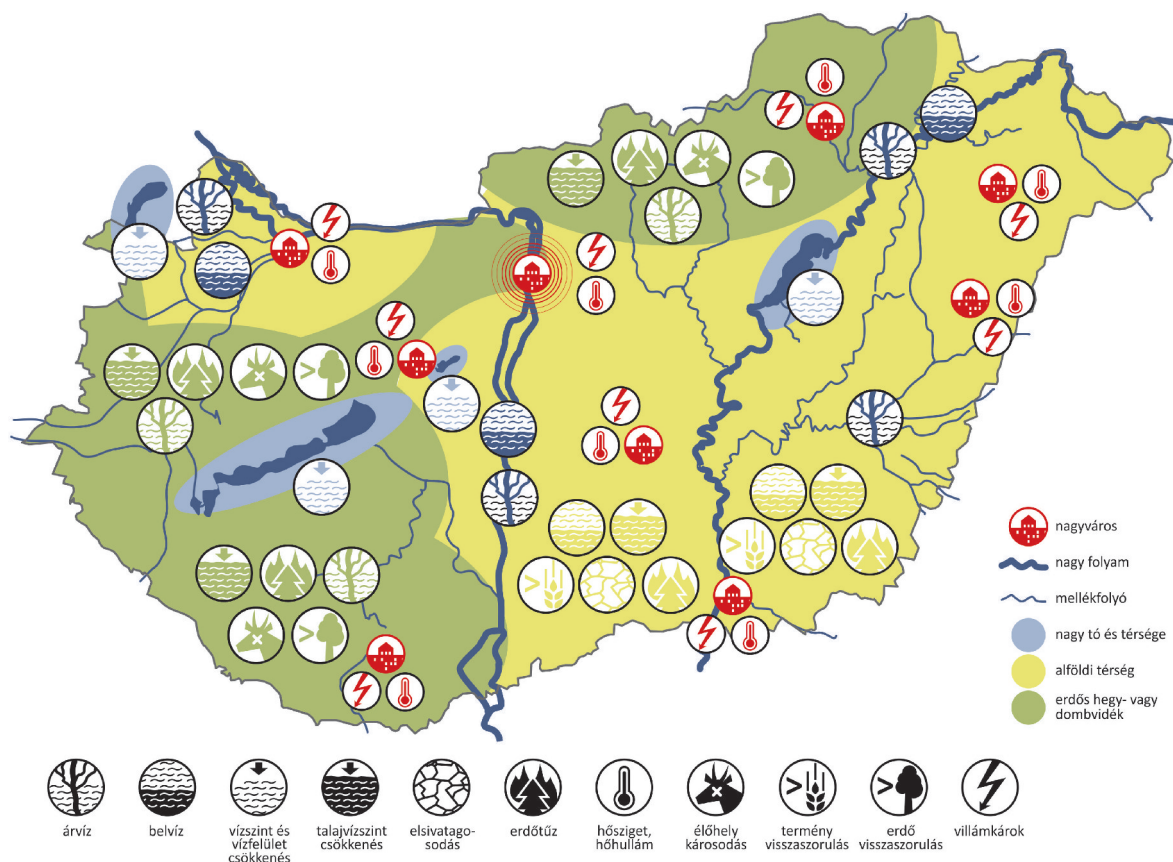
Az éghajlatváltozás és hatásai Magyarország hosszú távú fejlődési lehetőségeit meghatározó tényezők sorában kiemelt jelentőségűek. A különböző klíamodellek az elmúlt évtizedekben megfigyelt melegedés egyértelmű folytatódását vetítik előre a XXI. században a Kárpát-medence térségére. Ezek szerint a 2021–2050 időszakban az éves csapadékösszeg ugyan nem változik majd jelentősen, azonban a nyári csapadékátlag 5–10%-ot meghaladó mértékű csökkenést mutathat. Várhatóan nő az egymást követő száraz nyári napok száma, a jelenleginél hosszabb száraz nyári időszakok prognosztizálhatók. Ezzel párhuzamosan a nagy (20 mm-t elérő) csapadékosszeggű napok száma a nyári időszakok kivételével minden évszakban nőni fog. Gyakoriak ugyanakkor az ár- és belvizek is. A belvizek által veszélyeztetett terület 21 088 km², ami európai összevetésben is magas arány, az ország területének 23%-a.

Várhatóan növekszik az özvívyszerű esőzések, orkánerejű viharok, hóviharok, hóhulámok gyakorisága, csakúgy, mint a szélsőséges vízállások, az erdőtűzek előfordulása, az aszályos időszakok hossza, és mindennek következményeként csökken a biológiai sokféleség.

A felsorolt folyamatok komoly hatással bírnak egészségünkre, élővilágunkra, az alapvető infrastrukturális hálózatokra, a mezőgazdaság termelékenységére. Összegezve: kihatnak az élet szinte minden területére.

Az éghajlatváltozás okozta különböző hatások területileg eltérnek, így a különböző tértípusok eltérő sérülékenysége alapján a térségek mitigációs és adaptációs képessége is különbözik. Értelmszerűen a válaszlépések terén is differenciálni kell, területenként eltérő, az adottságokra reagáló, egyéni tulajdonságokra szabott megoldásokat keresve.

Az éghajlatváltozáshoz való sikeres alkalmazkodás elképzelhetetlen az éghajlatváltozás hatásainak mélyreható ismerete nélkül. Magyarországon a NATÉR projekt indulását



megelőzően azonban nem állt rendelkezésre olyan komplex, több ágazatot átfogó adatbázis és ismeretanyag, amely az alkalmazkodási intézkedések megtervezéséhez szükséges területi felbontásban nyújtott volna információkat a várható változásokról. Az adat- és módszertan hiánya következtében csak korlátozott mértékben és néhány szűk szakterületre vonatkozóan készültek olyan elemzések, amelyek az éghajlatváltozás területi sérülékenységről és az alkalmazkodási lehetőségekről adtak volna egzakt információkat. A jelen kiadványban ismertett projekt munkacsomagjai és egésze egyaránt

egy átfogó kép megrajzolását célozták meg a fent ismertetett problematika kapcsán hazánkról, megalapozva egyúttal a folytonos monitoring tevékenység jövőbeni alapjait. A következő oldalakon ezen eredményekből kaphat ízelítőt az Olvasó.

Ma már nyilvánvaló: az élet számos területén van lehetőségünk az éghajlatváltozás hatásaira felkészülni. Ehhez megalapozott szakmai háttér-információk biztosításával nyújt segítséget a NATÉR. Kiadványunk végiglapozását követően reményeink szerint Ön is kedvet kap a rendszerbe történő online regisztrációra!

A NATÉR PROJEKT HÁTTERE, MŰKÖDÉSI KERETEI

A Nemzeti Alkalmazkodási Térinformatikai Rendszer (NATÉR) – angolul National Adaptation Geo-information System (NAGIS) – projekt életre hívását a bevezetőben körvonalazott szükségletek mellett a közelmúlt éghajlatváltozással kapcsolatos kutatásai, értékelései alapozták meg, nagyban építkezve a hazai VAHAVA és az európai ESPON CLIMATE projektek eredményeire. A rendszer hazai szinten úttörő jelentőségű az éghajlatváltozás hatásainak átfogó, több résztematikára kiterjedő nyomon követésében, a mitigációs és alkalmazkodási válaszok megalapozásában.

A NATÉR létrehozásának törvényi alapját az ENSZ Éghajlatváltozási Keretegyezménye és annak Kyotói Jegyzőkönyve végrehajtási keretrendszeréről szóló 2007. évi LX. (Éghajlatvédelmi) törvény 14. §-a teremtette meg. A törvényi felhatalmazás alapján került elfogadásra a Nemzeti Alkalmazkodási Térinformatikai Rendszer működésének részletes szabályairól szóló 94/2014. (III. 21.) kormányrendelet. A NATÉR a rendeletben meghatározott keretek között, adatok felhasználásával készült származtatott mutatók, elemzések és hatástanulmányok alapján biz-

tosít információt az ország éghajlati állapotról, az éghajlatváltozás és egyéb hosszú távú természeti erőforrás-gazdálkodással kapcsolatos stratégiai kockázatok hatásairól, valamint az ezekhez való alkalmazkodási lehetőségekről. A NATÉR üzemeltetését a Magyar Földtani és Geofizikai Intézet (MFGI), mint a Nemzeti Fejlesztési Minisztérium háttérintézménye látja el.

A tudásbázis-rendszer kialakítását célzó projekt 2013 szeptemberében indult és 2016 áprilisában zárul. Működési elvei összhangban vannak a nemzetközi éghajlatvédelmi kötelezettségekkel, továbbá azaz EU-s szakpolitikákkal, alapelvekkel (pl. INSPIRE Irányelv), stratégiákkal (pl. EU 2020, Területi Agenda 2020). A projekt az Európai Gazdasági Térség (EGT) Támogatási Alap által finanszírozott, Alkalmazkodás az Éghajlatváltozáshoz c. program három alappilléreinek egyike, forrását 95%-ban az Alap biztosította. Az Alap kezelője a Közép- és Kelet-Európai Regionális Környezetvédelmi Központ (REC) volt. A projektet a Magyar Földtani és Geofizikai Intézet hajtotta végre, megvalósításának fő felelőse az Intézet önálló szervezeti egységeként működő Nemzeti Alkalmazkodási Központ volt.

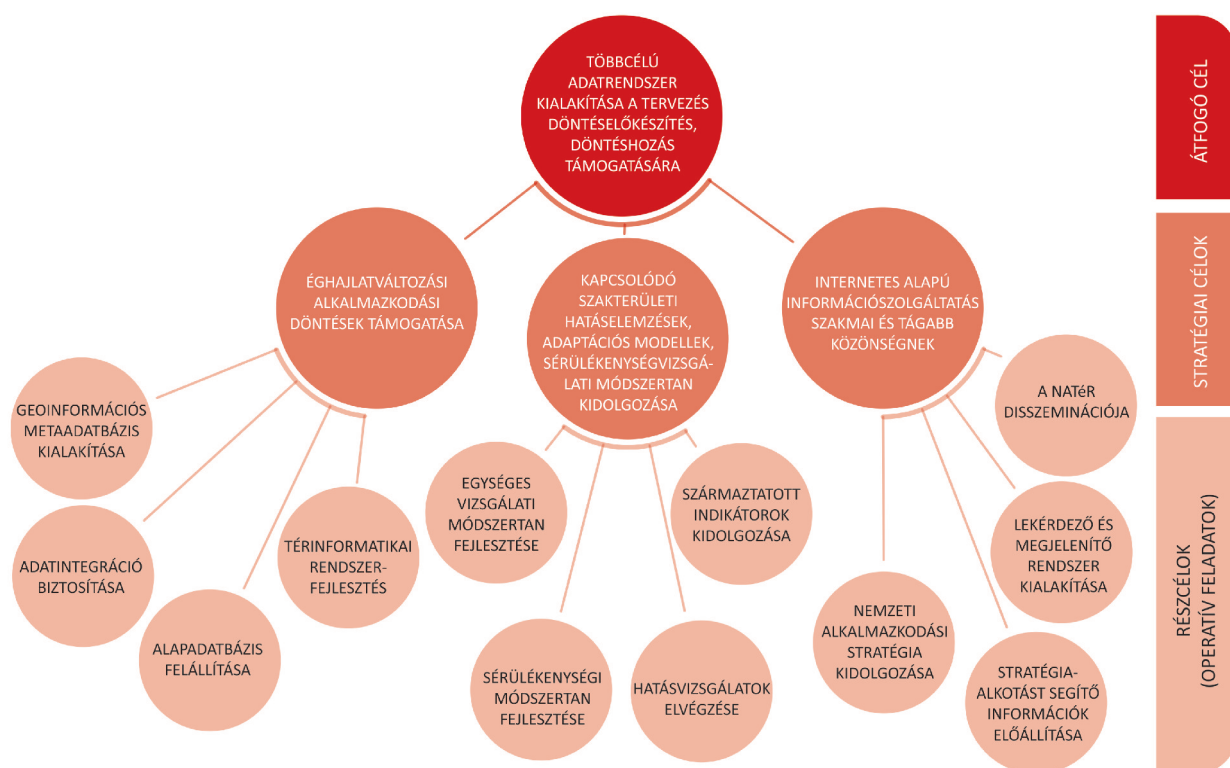
A NATÉR RENDSZER CÉLJA

A jövőbeni éghajlati viszonyok előrebecslését a klimatológiai modellezés teszi lehetővé. A különböző (globális, regionális) szintű modellek folyamatos fejlesztése megköveteli a hazai hosszú távú klíma-forgatókönyvek előállítását szolgáló kapacitás megerősítését, hiszen a modellek nem értelmezhetőek azok hazai adaptációja hiányában. A klímaparaméterek változásának ismerete önmagában azonban nem nyújt elegendő információt arról, hogy milyen hatásokat eredményez az éghajlatváltozás, milyen mértékben tekinthetők sérülékenynek azzal szemben Magyarország egyes térségei. Ennek meghatározását szolgálja a Nemzeti Alkalmazkodási Térinformatikai Rendszer.

ezáltal ösztönözve a hatásokhoz való alkalmazkodást. Objektív információkkal segíti a változó körülményekhez igazodó, rugalmas döntéselőkészítést, döntéshozást és tervezést, a kapcsolódó jogalkotást. Mindezt a rendszer hosszú távú működtetésének biztosítása, teljes mértékben tudományos alapokra helyezése és a NATÉR-ben megjelenő eredményekhez vezető módszerek teljes körű dokumentálása révén valósítja meg.

Eredményként így egy olyan átfogó információt tartalmazó rendszert kapunk,

1. amelynek része egy multifunkcionális, felhasználóbarát geoinformációs metadatbázis,



A NATÉR célrendszere

A NATÉR átfogó célkitűzése egy sokoldalú felhasználásra alkalmas térinformatikai és adatrendszer kialakítása, amely elősegíti az éghajlatváltozási hatások beazonosítását, az egyes területek sérülékenységének meghatározását,

2. amely más adatbázisokból származó, feldolgozott adatokon alapul;

3. ami biztosítja az INSPIRE előírásokkal összhangban, a Nemzeti Téradat Infrastruktúrába illeszthetően az éghajlatvál-

tozás területi hatáselemzését, és az ehhez kapcsolódó adaptációs módszereket szolgáló adatgyűjtést, feldolgozást, klímamodellézést, elemzést és a sérülékenységvizsgálat módszertanának továbbfejlesztését; amely internetes alapú klímapolitikai információs csomópontot alakít ki, minden érdeklődő érintett számára lehetővé teszi a megbízható, objektív információkhoz való hozzájutást az éghajlatváltozáshoz történő alkalmazkodást érintő és azt befolyásoló szakterületekről.

A főbb célcsoportok így a hazai szűkebb szak-

mai közönség mellett az éghajlatváltozással szemben sérülékeny, valamint az extrém időjárási események kockázata által veszélyeztetett térségek lakossága, a központi, területi és helyi államigazgatási szervek, önkormányzatok, közigazgatási döntéshozók, döntés-előkészítők. Ide sorolhatók a különböző ágazati (klímapolitika, energiapolitika, közlekedésfejlesztés, fejlesztéspolitika, agrár- és vidékfejlesztés, erdőgazdálkodás, települési és térségi fejlesztési és területashasználati tervezés, közszolgáltatás-szervezés, turizmus, katasztrófavédelem) döntéshozatali, tervezési szereplők is.

AZ ESZKÖZ: ADATBÁZISOK ÉS SZOFTVER AZ ÉGHAJLATVÁLTOZÁS NYOMON KÖVETÉSÉNEK SZOLGÁLATÁBAN — AZ INFORMATIKAI HÁTTÉR



AZ ESZKÖZ

A projekt első időszakában az elsődleges feladat egy olyan informatikai háttér megteremtése volt, ami az MFGI informatikai környezetébe beépülve alkalmas a NATÉR megtervezésére, felépítésére és működtetésének elindítására. A NATÉR saját adatbázis-, illetve térképi szervert is tervezett.

A NATÉR Adatbázis nem egyetlen adatbázisként képzelendő el, sokkal inkább egy (tér)-informatikai rendszer, ami mögött több adatbázis értendő. Ezek közül a legfontosabbak:

Térképi adatbázis: azok a térképi rétegek, melyek a projekt köztes és végtermékei. Egyetlen nagy adatbázis helyett tematikánként apróbb adatbázisokból vagy fájlrendszerekből áll. A térképi rendszer két fő része a publikus térképszerveren lévő adatkör és a belső NATÉR (MFGI) rendszeren lévő, az előbbinél bővebb adatkör.

GeoDat: A NATÉR számára fejlesztett

adatbáziskezelő alkalmazás, mely mögött egy egységes rendszerben felépített adatbázis található. Utóbbi tartalmazza az összes numerikus és alfanumerikus adatot, mely a projekt végtermékét jelenti. Tartalmilag részben átfed a térképi adatbázissal, de annál jóval bővebb. Tartalmazza azokat az adatokat is, melyek nem kerültek térképi megjelenítésre.

Metaadatbázis: a NATÉR térképi rétegeinek metaadatait tartalmazó és szolgáltató adatbázis.

nagis.hu portál: Egy klasszikus értelemben vett webportál, ami mögött az említett adatbázis található. A portál felépítésén túl a felhasználók hozzáférési adatait is tartalmazza.

A NATÉR ADATBÁZIS HARDVERKÖRNYEZETE

Az adatok belső tárolását megoldandó, a különböző adatkezelőktől érkező adatokat egységes formában a NATÉR Alapadatbázisban tárolja a rendszer. A törzsadatok tárolása külön táblákban, az idősoros adatoké

paramétertáblákban történik. A rendszer lehetővé teszi bármilyen pontszerű objektum azonosítását és az ahhoz tartozó összes törzsadat és paraméterérték tárolását.

A külső adattárolás egysége a NATÉR publikus adatait tartalmazza. Ez a NATÉR belső adatbázisaival teljesen egyező környezetben és struktúrával került kiépítésre. A belső adatbázisokból ide kerülnek a nagyközönség számára is elérhetővé tett adatok. A publikus adatszolgáltatások csak erre a külső adattárolási rendszerre hivatkoznak.

A rendszer működéséhez a projekt hardver háttéréként a projekten dolgozók asztali munkakörnyezetéhez 9 db asztali számítógép és monitor; külső előadásokhoz egy notebook; a felhasznált papír alapú térképek digitalizálásához szkennel beszerzése volt szükséges. Két szerver és négy szünetmentes táp is beszerzésre került a térképi és alapadatok tárolásához adatbázis-háttérként. A projekt állományainak napi-heti-havi-éves szintű mentéséhez mentőegység került kialakításra. A beszerzések közbeszerzési eljárások keretében történtek.

A NATÉR ADATBÁZIS TARTALMI EGYSÉGEI, SZOFTVEREI

A hardverháttér ismertetésénél bemutatott eszközök használatához szerver operációs rendszer, intelligens mentést vezérlő szoftver, és adatbáziskezelő szoftver is beszerzésre került. A térinformatikai munkát ESRI környezetben végezte a projekt.

A nem térképi alapadatok kezeléséhez saját adatbáziskezelő eszközt fejlesztett a projekt. Az alkalmazás a GeoDat nevet kapta. Az alaprendszer az adatok táblázatos megjelenítését és összetett kereshetőségét teszi lehetővé. Az alkalmazás külön modulja oldja meg az idősoros adatok megjelenítését. A grafikus megjelenítésen lehetséges az adatok szerkesztése, exportálása és az adatok elemzése is. Utóbbiak kapcsán a NATÉR lehetőséget biztosít különböző statisztikai mutatók (pl. átlagok, számosság, minimum/maximum, szórások) meghatározására.

METAADATOK: TÁJÉKOZÓDÁS AZ ADATRENDSZERBEN

A NATÉR portál adatbázisa több száz térképet és több ezer, azokhoz kapcsolódó munkaállományt tárol. Ezek közt a tájékozódást segítő szükség volt egy háttérrendszerre, hiszen az egyes adatelemek kapcsolatait, előállításuk módját, fellelhetőségüket maga az adatbázis nem tárolja. Az ilyen jellegű információkat a metaadatrendszer hivatott leírni és a felhasználó számára átadni. A metaadatok elsődleges szerepe, hogy a felhasználó minél gyorsabban megtalálja a számára érdekes információt.

A NATÉR metaadatok négy fő csoportba sorolhatók:

Térképi metaadatok: a térképek címét, leírását, típusát, egyéb alapvető jellemzőit tartalmazzák. A gyors elérést biztosító szabad szöveges keresést segítik.

Térképi alakzatok metaadatai: A térképeken megjelenő önálló alakzatok alapvető tulajdonságait tartalmazzák. A szakértőket segítik a térképi tematikák létrehozásához felhasznált objektumok (pl. fúrások, mérési pontok) megismerésében.

Vizsgálati metaadatok: A térképi tematikák mögött lévő mérési és feldolgozási folyamatok pontos leírói. Az eredmények mélyebb vizsgálatában segítik a szakértőket.

Nyilvántartási metaadatok: A mérési és feldolgozási munkafolyamatok közben születő háttéradatok, amelyek a már egyszer előállt, újra felhasználható adatforrások elérésében segítik a felhasználókat.

A metaadatok használata a felhasználóbarát kereső modulon keresztül valósul meg. Néhány szó begépelésével a kívánt témakörben gyorsan áttekinthető találati listákat kap a felhasználó, amelyek a részletesebb információk olvasásához további címeket tartalmaznak.

NATÉR FELHASZNÁLÓI FELÜLET

A NATÉR három felhasználói felülettel rendelkezik: az alap portállal, a térképi felülettel és



az adatbázis felülettel. Az alap portál a www.nagis.hu vagy a www.mfgi.hu/nater címen elérhető hagyományos webportál, mely lehetővé teszi a metaadatok keresését,

ill. a NATÉR rendszerbe történő regisztrálást majd bejelentkezést. Motorportálként kezeli a felhasználók azonosítását és adja át a felhasználói adatokat a másik két felületnek.

A térképi portálon a projekt térképi rétegei tekinthetők meg a map.mfgi.hu/nater címen. Hagyományos webes térképi felület, speciális rétegkezeléssel, hiszen közel 600 térképi réteget képes közérthető formában és módon a felhasználók számára elérhetővé tenni. Az elérhető tartalom a NATÉR regisztráció során kapott jogosultság függvénye.

Az adatbázis felület a www.nagis.hu/geodat címen érhető el, csak regisztrált felhasználók számára. A GeoDat alkalmazás segítségével a NATÉR rendszerbe töltött adatok érhetőek el itt táblázatos formában. A felület biztosítja az adatok megtekintését, exportálását és akár szerkesztését is.

A MÓDSZERTAN: ÉGHAJLATI SÉRÜLÉKENYSÉG-VIZSGÁLATI KERETRENDSZER



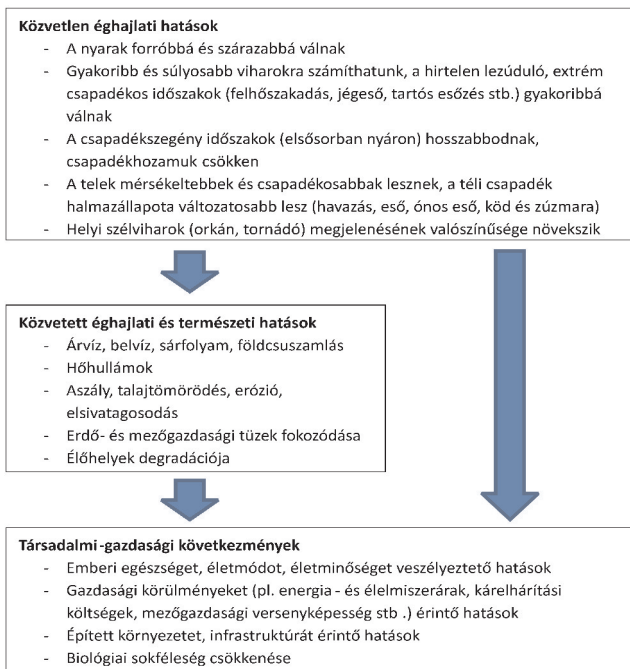
A MÓDSZERTAN

Az egyes, a környezet, társadalom és gazdaság különböző szintjein jelentkező hatások egyértelmű azonosítása a regionális szintű éghajlatváltozás vizsgálatának kiindulópontja. Nemcsak az éghajlatváltozás közvetlen következményei jelenhetnek gondot, hanem helyi léptékben a gazdasági szervezetek, közösségi értékek, infrastrukturális elemek (épületek, közlekedési hálózatok), ellátórendszerek állapotát is veszélyeztethetik a klimatikus hatások. Fontos kérdés, hogy az épített környezet, azaz mindennapi életünk fizikai keretei mennyire „klímabiztosak”, és a jelen fejlesztései vajon hosszabb távon hogyan reagálnak a változó klíma hatásaira? Olyan elemzési módszerre, modellre van tehát szükségünk, amely összetettségében képes

megragadni a folyamatot, az éghajlati hatások teljes láncolatát, beleértve a társadalmi következményeket is.

A vizsgálandó éghajlati hatások komplex láncolatot képeznek. A közvetlen éghajlati hatások megjelenési formája a regionális klíma-indikátorokkal jellemezhető változások. Közvetett éghajlati és komplex természeti hatásokként azonosíthatjuk az éghajlatváltozás által generált összetett – egymással is kölcsönható és a klíma-indikátorokra is visszaható – helyi természeti jelenségeket. A helyi hatásviselőket elsősorban ezek érintik. Természeti, társadalmi, gazdasági következményeknek a közvetlen éghajlati hatások és a természeti rendszerekben, ökoszisztémákban fellépő közvetett hatások által együttesen kiváltott kedvezőtlen társadalmi-gazdasági konzekvenciákat tekintjük.

Az éghajlatváltozási hatások vizsgálata kapcsán az alkalmazott CIVAS (Climate Impact and Vulnerability Assessment Scheme) modell



Közvetlen és közvetett éghajlati hatások, komplex társadalmi-gazdasági következmények helyi és regionális szinteken. (Forrás: PÁLVÖLGYI 2010; idézi: NÉS 2015)

lényege, hogy egységes módszertani kereteket biztosít a kvantitatív éghajlati hatásvizsgálatokhoz.

A modell az Éghajlatváltozási Kormányközi Testület Negyedik Értékelő Jelentésében, 2007-ben közzétett megközelítésen alapul, de számos hazai alkalmazási előzmény is fellelhető a szakirodalomban. A CIVAS a CLAVIER nemzetközi klímakutatói projekt¹ keretében került kidolgozásra, többek között az éghajlatváltozás ökológiai és épített környezetre gyakorolt hatásainak a vizsgálatára.

A CIVAS modell regionális adaptációjában bevezetett meghatározások a következők:

Komplex éghajlati problémák, hatásviselő rendszerek: a társadalmi, gazdasági, környezeti térben egyaránt jelentkező komplex éghajlati problémák beazonosítása és az ezek hatásviselőiként leírható rendszerek.

Kitettség (exposure): A regionális (helyi) szintű éghajlatváltozás tényezői. Eltérően az érzékenységtől (mely a hatásviselőt jellemzi), a kitettség csak a földrajzi helyre jellemző.

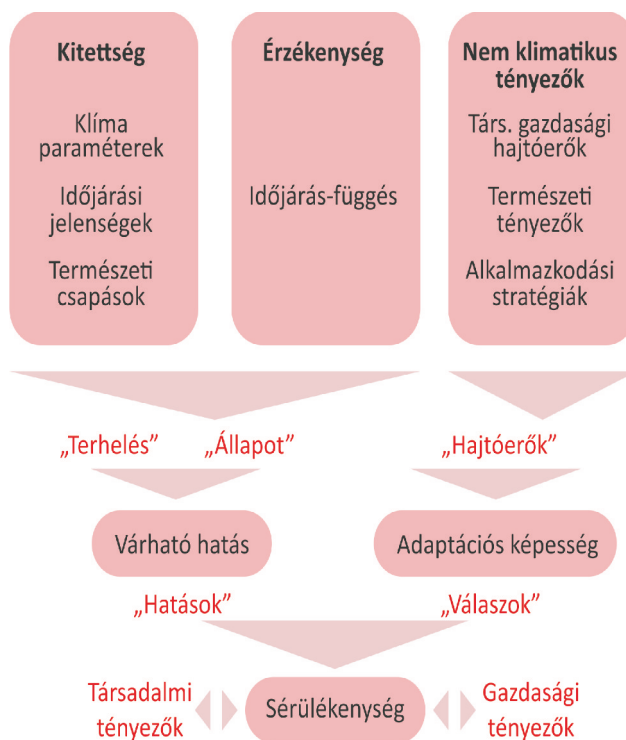
¹CLAVIER projekt: Climate Change and Variability: Impact in Central and Eastern Europe EU 6. Keretprogramja, GOCE Contract Number: 037013

Érzékenység (sensitivity): A hatásviselő (pl. mezőgazdaság, emberi egészség, építmények állapota) időjárás-függő viselkedése (pl. aszályhajlam, belvízkockázat). Független az éghajlatváltozástól és elsősorban a hatásviselő rendszerre jellemző.

Várható hatás (potential impact): Az érzékenység és a kitettség kombinációja, mely egyaránt jellemző a földrajzi helyre és a vizsgált hatásviselő rendszerre (pl. mortalitással súlyozott városi hőszigetelés).

Alkalmazkodó képesség és egyéb nem klimatikus faktorok: A helyi társadalmi-gazdasági válaszok jellege és erőssége az éghajlatváltozás kapcsán (pl. mezőgazdasági alkalmazkodás egy formája az öntözés, mely többek között a mezőgazdasági jövedelmezőségtől függ; a mobilitás, mint lehetséges válasz a városi hőhullámokra, jövedelemfüggő).

Sérülékenység: komplex mutató, a várható hatásokat kombinálja az alkalmazkodó képességgel, figyelembe véve, hogy ugyanaz a várható hatás egy gyengébb alkalmazkodóképességű térségben súlyosabb következményekkel járhat.



A CIVAS modell felépítése (Forrás: Második Nemzeti Éghajlatváltozási Stratégia, 2015)

Az elvi felépítésnek megfelelően a CIVAS modell alkalmazásának első lépése a hatásviselő, érzékenységi, kitettségi és alkalmazkodási indikátorok, hatás- és sérülékenységi számítási eljárások meghatározása. A vizsgálat második szakaszában megtörténik a sérülékenység számítása, majd az eredményekre építve a térségi sérülékenység elemzése, értékelése.

Az értékelés során azok a rendszerek, amelyek csekély éghajlati hatás ér és emellett

erős alkalmazkodóképességet mutatnak, robosztus rendszerek; sérülékenységük a legenyhébb. Azok a rendszerek, amelyeket nagy hatás ér és gyengén adaptálódnak, a leginkább sérülékenyeknek tekinthetők. Az átmeneti rendszerek, annak ellenére, hogy kis hatás éri őket, gyengén alkalmazkodnak: ezek a veszélyeztetett esetek. Végül a nagy várható hatással és erős adaptációval jellemezhető rendszerek törékenynek tekinthetők.

A VÁLASZOK: ÉGHAJLATI ALKALMAZKODÁSSAL KAPCSOLATOS NATÉR EREDMÉNYEK



A VÁLASZOK

A NATÉR projekt keretében a rendelkezésre álló adatbázisok és klimatikus modellek alapján több tematikus területen is folytak kutatások az egyes térségek meghatározott éghajlatváltozási hatástényezőkkel szembeni sérülékenységét, kitettségét, az alkalmazkodási potenciálokat vizsgálva. A felszín alatti vizek, kiemelten az ivóvízbázisok érzékenysége, nagy tavaink, kiemelten a Balaton vízforgalma, a villámárvizekkel szembeni települési kitettség, az éghajlatváltozás mező- és erdőgazdálkodásra, természetes élőhelyekre gyakorolt hatásai, a területhasználatban bekövetkező változások egyaránt tárgyát képezték a projekt részkutatásainak. A következő pontokban a főbb módszertani megközelítésekről és eredményekről számol be a kiadvány.

AZ ÉGHAJLATVÁLTOZÁS HATÁSA A FELSZÍN ALATTI VIZEKRE

Az éghajlatváltozás hatásai a csapadék- és a párolgási viszonyok megváltozásán keresztül a felszín alatti vízkészleteket is befolyásolják.

A klímamodellek előrejelzései szerint hazánk éves középhőmérséklete a XXI. század végéig 3–5 °C-kal fog növekedni. Ezzel párhuzamosan az éves csapadékmenyiség csökkeni fog. A csökkenő csapadékmenyiség miatt a beszivárgó vízmennyiség csökkenése, a növekvő hőmérséklet miatt pedig az elpárolgó vízmennyiség növekedése prognosztizálható, várhatóan a mezőgazdasági vízkivételek növekedését eredményezve, tovább terhelve a felszín alatti vízkészleteket. Mindez a talajvízszintek csökkenését, és a felszín alatti vízkészletek megcsappanását eredményezheti. E folyamatok intenzitásának és területi eloszlásának előrejelzése modellvizsgálatokkal lehetséges.

Módszertan: A felszín alatti vizekre gyakorolt hatások nyomon követése során a vízszintek megfigyelése kulcstényező. A folyamatos monitoring eredményezte vízszint-idősorok alapadatokat szolgáltatnak a változások értékeléséhez, az előrejelzésekhez készített modellek kalibrálásához és verifikálásához. Az MFGI az 1970-es évek óta üzemelteti az ország egészére kiterjedő vízföldtani megfigyelő-hálózatát. Az éghajlatváltozás lehetséges hatásának pontosabb értékelése érdekében, a NATÉR projekt keretében az üzemelő mérőhálózat kiegészítésére további 6 db vízszint-megfigyelőkút fejlesztése tör-

tént meg. A mérések adatai folyamatosan beépülnek az MFGI adatbázisába. Magyarországon az 1960–80-as években sekély, zömében 10 m mélységű fúrásokat mélyítettek az Alföld, a Kisalföld, valamint a Dél-Dunántúl területén. Ezen sekélyfúrású kutak adatállományából a NATÉR projekt keretében sor került az adatbázisból eddig hiányzó fúrások felvitelére és integrálására is, biztosítandó ezen adatmenyiség stabil, hibamentes lekérdezési lehetőségét.

A talajvízszint-monitoring munkacsomag célja olyan módszertan kidolgozása volt, melynek segítségével a sekély felszín alatti (talaj) víztükör különböző klímaviszonyok mellett modellezhető, vizsgálva az éghajlatváltozás talajvízre gyakorolt hatását és jellemezve a sekély felszín alatti vizek klímaérzékenységet. A kutatás többlépcsős módszert dolgozott ki, klíma- és beszivárgási zónák; a beszivárgás mértékének; végül a talajvízeloszlás numerikus modellekkel való meghatározásával. A vizsgálatok során a Kárpát-medence meteorológiai és csapadékállomásainak adataiból képzett CarpatClim-Hu adatbázist, a jövőbeni talajvíz viszonyok meghatározásához pedig az OMSZ ALADIN regionális klímamodelljének eredményeit alkalmazták.

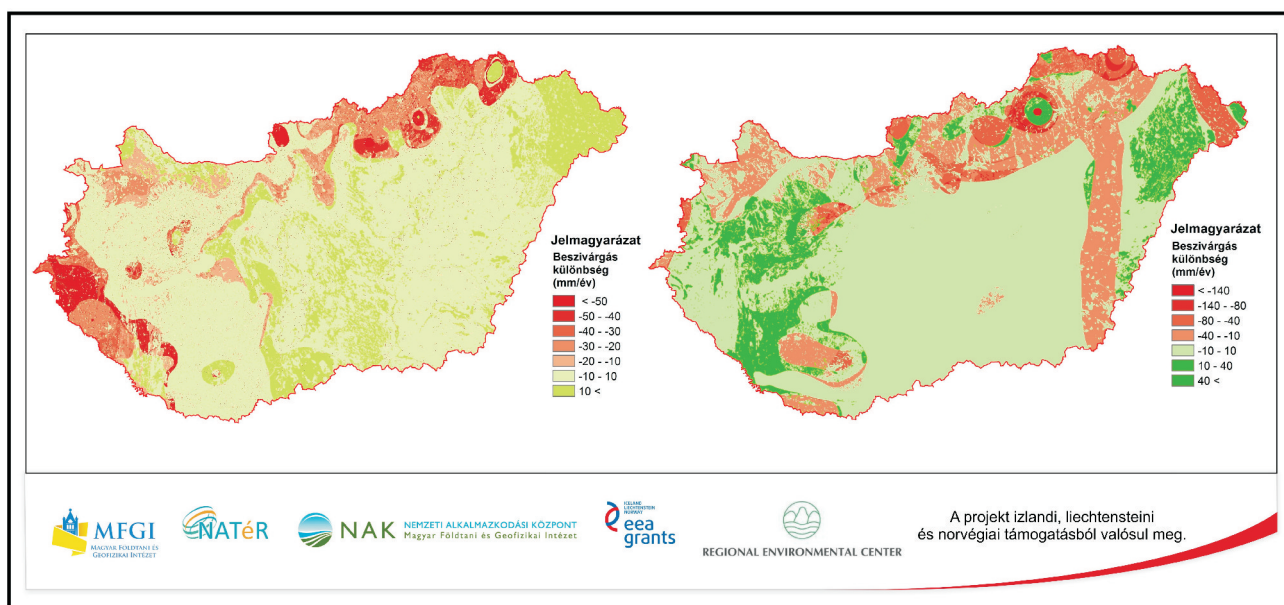
Eredmények: A vizsgálatok térképen ábrázolták az 1961–1965 referencia időszakra

számított beszivárgás eloszlást; a beszivárgás változását a hatvanas évek és a kétezres évek között; illetve a beszivárgás előre jelzett megváltozását az 1961–1990 és a 2071–2100-as vizsgálati időszakok között.

A számított beszivárgások változása alapján a beszivárgás mintegy 50 mm/éves csökkenése követhető nyomon a hegyvidéki területeken az 1961–1965 és a 2005–2009 időszakok között. Az ALADIN modellkimenetek alapján szimulált beszivárgások változása ugyancsak mintegy 50 mm/éves beszivárgás csökkenést jósol a század hátralévő évtizedeire a Mecsek, az Északi-középhegység és a Dunántúli-középhegység területén.

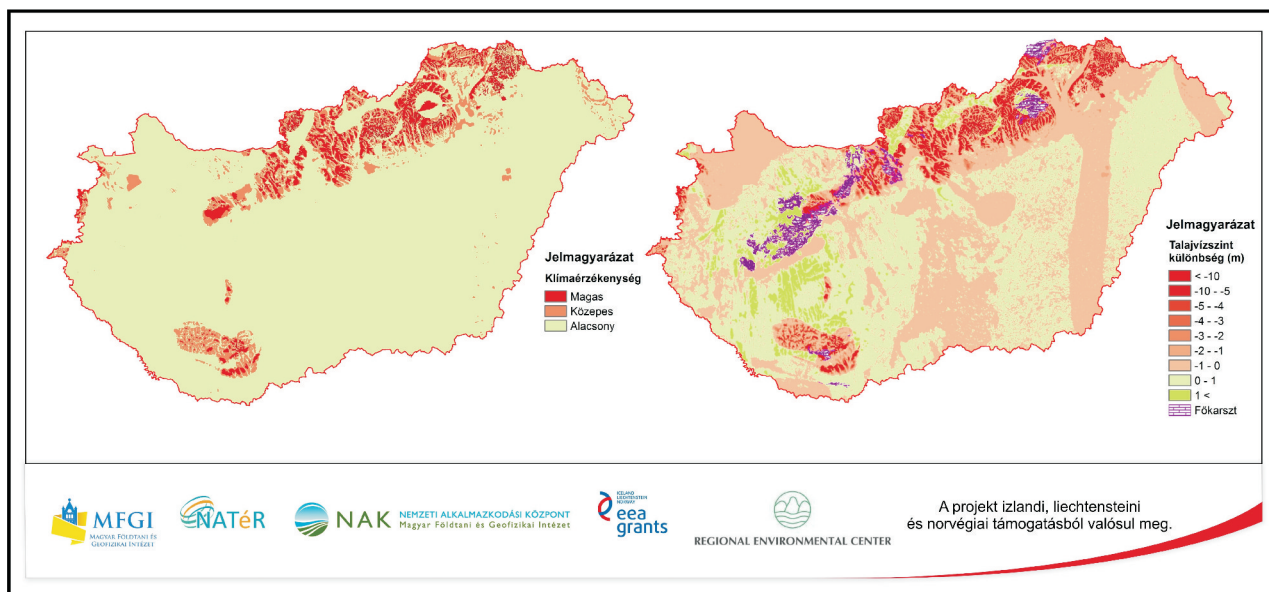
A kezdeti referencia időszakra (1961–1965) számított talajvíz-eloszlás mellett sor került a mért klímaparaméterek alapján a hatvanas és kétezres évek közötti időszakra számított hipotetikus talajvíz változás ábrázolására is. A modellezett klímaparaméterek alapján a XXI. század során várható talajvízváltozást is külön térkép szemlélteti.

A klímamodell kimenetek alapján számított különbség térképek hasonló mértékű vízszintcsökkenéseket jeleznek az elkövetkező évtizedekre. A legjelentősebb csökkenések az Északi-középhegység, Dunántúli-közép-



Számított beszivárgás változás a CarpatClim-hu adatbázis alapján az 1961–1965 és 2005–2009 időszakok között

Számított beszivárgás változás előrejelzése az ALADIN klímamodell eredmények alapján az 1961–1990 és 2071–2100 időszakok között



A talajvíz országos klímaérzékenységi térképe a klíma-modell kimenetek alapján meghatározva

Az 1961–1990 és 2071–2100 időszakok számított talajvízszintjeinek különbségtérképe

hegység és a Mecsek területén várhatók. Ugyanezek a modellek 1–2 méter közötti csökkenést mutatnak a Duna–Tisza közén és a Tiszántúl egyes területein.

Az ország talajvíztartóit érzékenységi osztályokba sorolta be a kutatás annak alapján, hogy a modellezett talajvíz szintek milyen mértékben reagálnak az éghajlatváltozásra. Az érzékenységi térképet mind a mért adatokon alapuló, mind pedig a klíma-modell kimenetek alapján előállított szimulációk alapján elkészítették. A hegyvidéki területek (Északi- és Dunántúli-középhegység) mindkét térkép alapján erősen klímaérzékenyek, míg ezeknek hegylábi területei közepes érzékenységgűnek mondhatók.

Következtetések: Fontos megjegyezni, hogy a vizsgálatok eredményei a felhasznált adatbázisok hibáit és bizonytalanságait is tartalmazták. A modellezett eloszlások országos léptékű pontossággal készültek, ezért lokális vizsgálatok céljára nem alkalmasak. A kidolgozott modellezési módszertan alkalmas mind frissített és kibővített bemeneti adatbázisok, mind pedig nagyobb felbontás mellett az eredmények nagyobb pontosságú előállítására, így sokrétű eszközt jelent a sekély felszín alatti vizek eloszlásának és klímaérzékenységeinek a meghatározásához.

AZ ÉGHAJLATVÁLTOZÁS HATÁSA AZ IVÓVÍZBÁZISOKRA

A felszín alatti vízkészletek fontossága már a talajvízzel foglalkozó előző pont alapján is nyilvánvaló, az ivóvízkincs sorsa viszont még inkább felhívja figyelmünket ezen erőforrásunkra és az éghajlatváltozás kapcsolódó hatásai pontos ismeretének szükségességére. Magyarország ivóvízkészletének 95%-a felszín alatti vizekből származik. A síkvidékeink alatt húzódó üledékes mélymedencék rétegvíz készlete legnagyobb ivóvízkészletünk, középhegységeink karsztvizei egyes régiókban pedig az ivóvizek fő forrása. Felszíni és felszín alatti vizekből egyaránt táplálkozó parti szűrőszűrő rendszerek kiemelt szerepet töltenek be az ivóvízellátásban. Az éghajlati viszonyok tartós megváltozásának hatása a felszín alatti vizekre általában nem olyan közvetlen és nagymértékű, mint a felszíni vizek esetében, és gyakran csak a többéves hatások eredményei figyelhetők meg. Ezek a változások azonban jellemzően hosszú ideig érvényesülnek, és csak nagyon lassan állítható vissza az eredeti állapot.

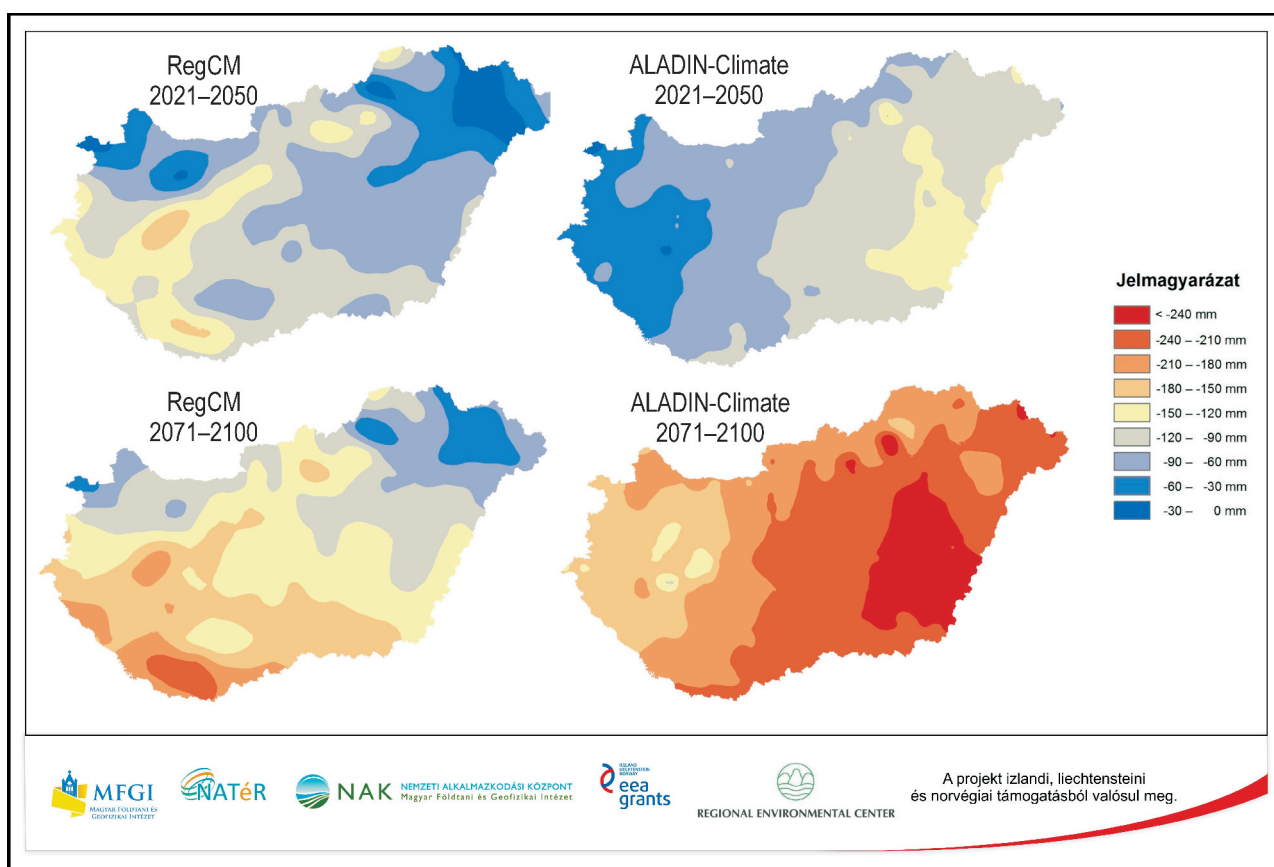
A szélsőséges időjárási viszonyok gyakoribb megjelenése miatt szükséges az éghajlatváltozás ivóvízbázisokra gyakorolt hatásának részletes vizsgálata. A NATÉR keretében az

ivóvízbázisokat leginkább érintő éghajlati elemek, valamint az ivóvízbázisok sérülékenységét nagymértékben meghatározó földtani közeg vizsgálatára került sor az alkalmazkodási lehetőségek jellemzésével. Az ivóvízbázisok klímásérülékenységének elemzési módszertanának kialakításán túl egy térinformatikai elemeket tartalmazó adatrendszer felépítésére került sor, amely segíti az alkalmazkodóképesség erősítését, illetve a kedvezőtlen hatások csökkenését.

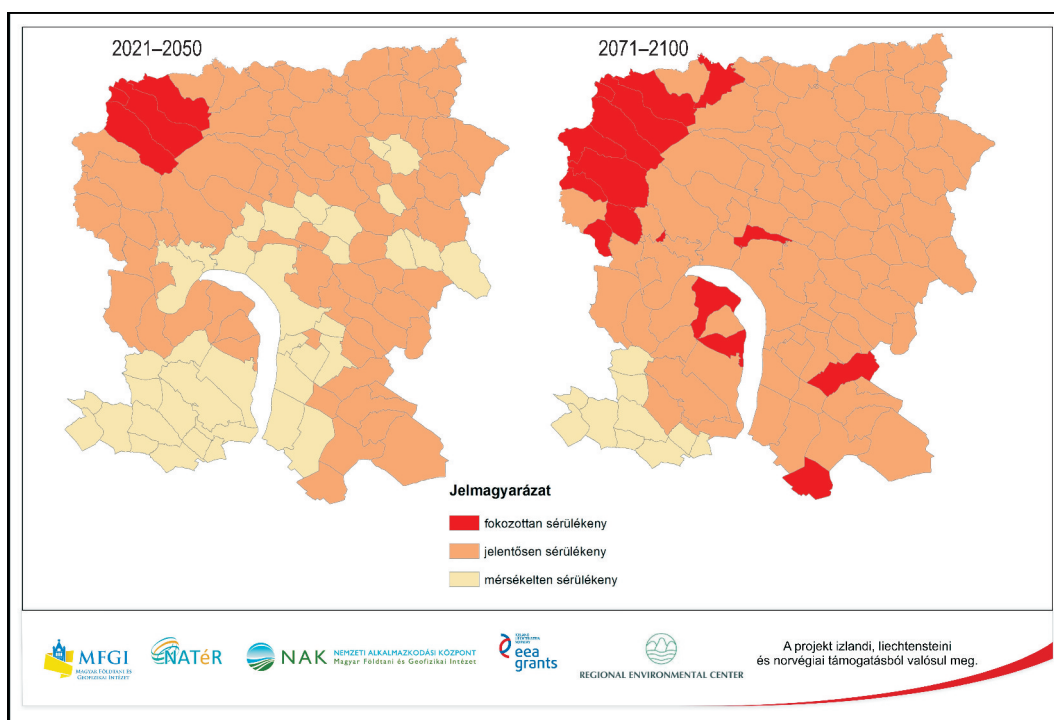
Módszertan: A kutatás alapját a CIVAS modell képezte: az éghajlatváltozás ivóvízbázisokra gyakorolt hatásait a kitettség, érzékenység, várható hatás, alkalmazkodóképesség, sérülékenység összefüggésrendszerben vizsgálta a projekt. Az antropogén hatások számbavételéért a modellt a vizsgálat kiegészítette a felszín alatti víztestek víztermelés általi igénybevételének vizsgálatával. A kitettség, klímaérzékenység, illetve a vízkiemelések általi igénybevétel az egész ország területére; az alkalmazkodóképesség vizsgálata és az alkal-

mazkodási indikátorok meghatározása közvetlenül az ivóvízbázisok üzemeltetőjétől származó információk alapján történt egy kiválasztott mintaterületen.

Eredmények: A kitettséget a beszivárgás és a felszín alatti vizek áramlási pálya végén történő újbóli felszínre lépését befolyásoló klimatikus (csapadék, és a párolgást, párolgotatást meghatározó hőmérséklet) viszonyok, illetve ezek várható jövőbeli alakulásán keresztül vizsgálta a kutatás. A kitettség jellemzésére a CarpatClim-Hu, illetve az ALADIN-Climate és a RegCM klímamodellek adatsorai álltak rendelkezésre. Ezek alapján az 1961–1990 időszakban az alacsonyabban fekvő területek fokozottabb kitettsége figyelhető meg, a legjelentősebb vízhiány az Alföld középső területeit érintette, a hegyvidéki régiók és a Délnyugat-Dunántúl csapadéktöbbletével. A két klímamodell egységesen Magyarország éghajlatának általános, idővel egyre jelentősebb szárazodását vetíti előre, a változások mértékéről és területi eloszlásáról azonban eltérő képet adva.



A klimatikus vízmérleg várható változása



Települések ivóvízellátásának sérülékenysége az ALADIN-Climate modell adatai alapján, a DMRV Zrt. működési területén

A felszín alatti ivóvízbázisok klímaérzékenységet a vízbázis, illetve utánpótlódási területének geológiai és hidrogeológiai adottságai határozzák meg. A klímaérzékenység ezek alapján érzékenységi kategóriákba sorolható. Az OVF-MFGI együttműködés keretében 2018 vízbázis került besorolásra négy kategóriába, illetve a Dunakanyar térségében elhelyezkedő mintaterületen további kiegészítő vizsgálatok zajlottak.

A felszín alatti térrész víztermelések általi igénybevételét 844 vízszint-megfigyelőkút idősorainak elemzése és a felszín alatti vizek áramlási rendszerének numerikus modellezése alapján határozta meg a kutatás.

Magyarországon az 1950-es évek óta emelkedett meg jelentősen a felszín alatti vizek elsősorban ivóvíz célú kitermelése, számos víztartó rétegben okozva tartós vízszint-csökkenést. A depressziós hatás elsősorban az Alföld középső területén jelentkezik, mértéke a mélységgel párhuzamosan nő. Az 1990-es évek közepére több térségben megtorpant a vízszintek további csökkenése, azóta nem figyelhető meg jelentős változás.

Az alkalmazkodóképesség a helyi társadalmi-gazdasági válaszokat fejezi ki az éghajlatváltozás hatásaira. Meghatározói az ivóvízellátási infrastruktúra állapota és fejlesztési lehetőségei, valamint a lakosság vízigénye és a jövedelmi viszonyok. Alkalmazkodóképesség szempontjából pozitívnak tekinthető, ha több ivóvízbázis lát el egy települést, van lehetőség a meglévő ivóvízbázis bővítésére és termelőkapacitásának fejlesztésére, valamint alacsony a lakosság vízigénye és kedvező a jövedelmi helyzete. A kutatás során az egyes mutatókhoz kategóriaértékeket rendeltek, majd a kategóriaértékek összegzésével négy kategóriába sorolták az egyes települések alkalmazkodóképességének mértékét: kiemelten, fokozottan, mérsékelten és gyengén alkalmazkodó. A leggyengébb alkalmazkodóképességű térség a mintaterületen az Alsó-Ipoly-völgy volt, de kedvezőtlen helyzetben vannak a Dunakanyar jobb parti települései is, ahol főként az infrastrukturális hiányosságok és a magas lakossági vízfogyasztás probléma.

A sérülékenység integrálja a kitettséget, az éghajlati érzékenységet, valamint az alkal-

mazkodóképességet. Mivel az alkalmazkodási indikátorok csak a Dunakanyar területére álltak rendelkezésre, a sérülékenységi vizsgálatát is itt végezték el. A vizsgálat során kategóriákat határoztak meg, ahol a kitettségi, érzékenységi, igénybevételi és alkalmazkodási tényezőket egyenlő súllyal, az egyes indexekből levezetett komplex indikátorokkal vették figyelembe. A vízbázisok klímasérülékenységi mind a két klíma-modellel, mindkét klímaablakra meghatározta a vizsgálat. Már a 2021–2050 időszakban is jelentkeznek különböző mértékben sérülékeny területek. Az idő előrehaladtával a 2071–2100 közötti időszakra fokozódik a sérülékenységi mértéke.

Következtetések: A vízbázisok klímakitettsége az ország területén nem egységes, de európai viszonyok között relatív szűk sávban változik. Az éghajlatváltozás hatására számolni kell a felszín alatti vizek utánpótlásának várható csökkenésével. A jelenlegi klíma-modellek meglehetősen nagy bizonytalansággal jellemezhetők, ezért a későbbi kutatások során fontos a bizonytalanság mértékének csökkentése; javasolt továbbá a sérülékenységi vizsgálatok egész országra történő kiterjesztése, egyes elemek súlyának pontosítása.

A vízellátás során nagyobb figyelmet kell fordítani a kevésbé klímaérzékeny vízbázisokra. Nőhet a parti szűrősű rendszerek szerepe, nagy tároló kapacitásuknak és folyamatosan megújuló készletüknek köszönhetően. Célszerű a fokozottan klímasérülékeny karsztos, illetve sekély porózus vízbázisok kiváltása új vízbázisokkal.

A felszín alatti vizek állapotát, az éghajlatváltozás hatásait, valamint az igénybevétel mértékét rendszeres monitoring tevékenység során nyomon kell követni. A megfigyelések rendszeres időszakonkénti értékelésével, a változások meghatározásával lehetséges kialakítani a mérséklő és alkalmazkodási intézkedéseket. Nagyobb hangsúlyt kell fektetni az alkalmazkodásra: pl. regionális ellátórendszerek, vízkormányzási, különböző térségek közötti vízátviteli megoldások alkalmazása, tudatos

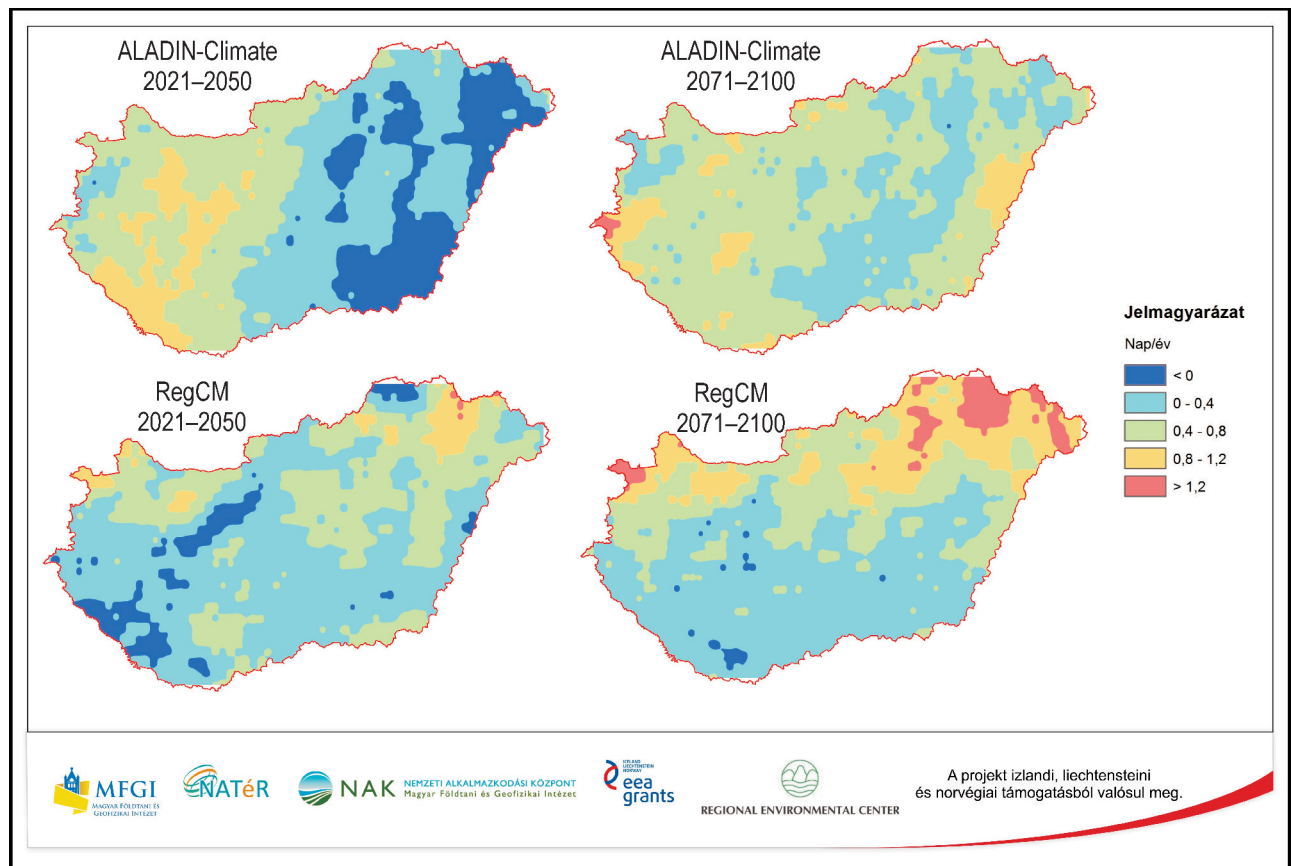
és takarékos vízfogyasztási szokások ösztönzése, különböző célú vízhasználatok bázisainak szétválasztása révén. A térségi fejlesztések (pl. ivóvíz-ellátási infrastruktúra) során figyelembe kell venni a vízbázisok klímasérülékenységi, az alkalmazkodóképesség javítását.

AZ ÉGHAJLATVÁLTOZÁS HATÁSA A VILLÁMÁRVÍZ-VESZÉLYRE

Az éghajlat változása napjainkban a rövidtávon megjelenő időjárási események, egyre gyakoribb extrém időjárási helyzetek kapcsán is tapasztalható. E jelenségek közé sorolható az intenzív, kis területre koncentrálnódó csapadék, és velejárójaként a jelentős károkat is okozó villámárvíz: a felszínre jutó vízcseppek rövid idő alatt folynak össze a völgytalpon, s a hirtelen összegyűlt mennyiséget a vízfolyások nem képesek elvezetni. A villámárvíz a hegy- és dombvidékeken, különösen a völgyekben elhelyezkedő településeket, településrészeket veszélyezteti.

Módszertan: Egy település villámárvíz-kitettsége a települést magába foglaló vízgyűjtő tulajdonságaitól függ, az esemény tényleges kialakulása pedig a csapadék függvénye. A kutatás célja e települési kitettség, veszélyeztetettség meghatározása volt a villámárvíz kialakulását elősegítő vagy gátló földfelszíni tulajdonságok alapján. A projekt e tulajdonságokat a településhez rendelhető vízgyűjtőkre határozta meg oly módon, hogy minden tulajdonságot (vízgyűjtő területe, domborzat lejtési viszonyai, vízgyűjtőn belüli szintkülönbség, növényzettel való borítottság, vízgyűjtő alakja) öt intervallumba sorolt, majd tulajdonságtípusonként egy, a vízgyűjtőt jellemző átlagértéket képzett. Ezek súlyozott átlaga szintén öt csoportban fejezi ki a végső besorolást.

A modell meghatározó alapegységét a vízgyűjtők képezik, így országos méretekben felépíthető egy villámárvíz-kitettségi osztályozás, amely szinte valós időben finomítható. A NATÉR projekt áttekintő méretarányban (1:500 000–1:100 000) automatikus értékelést ad, azonban konkrét település



AA küszöbértéket (30 mm-t) meghaladó csapadékos napok átlagos évi számának változása

esetén a válaszok finomíthatók. A vizsgálatok alapjául szolgáló, a klimatológiai mérésekre alapozott CarpatClim-Hu, valamint az ALADIN-Climate és a RegCM klímamodellek adatbázisai három ún. klímaablakot fednek le, az elemzésekben rendszerint referencia-ként szolgáló 1961-1990-es, a jövőre vonatkozóan pedig a 2021-2050-es és a 2071-2100-as időszakokat.

A fejlesztés jövőbeli iránya, hogy meg lehessen határozni azt a felszínre (vízgyűjtőre) hulló csapadékmennyiséget, amely az adott település vízelvezetési lehetőségeit meghaladja. Ehhez értékelni kell az extrém csapadék bekövetkezésének a valószínűségét is. A két információ együttes értékelése szolgálja a szükséges döntéshozatalt, felkészülést.

Eredmények: A villámárvíz szempontjából meghatározó, a 30 mm-es küszöbértéket meghaladó csapadékos napok átlagos évi számának területi képét tekintve jól kivehető

a domborzat hatása. A legkisebb gyakoriságértékeket az Alföldön találjuk, míg a lejtősebb területeken, hegy- és dombvidékeken jellemzően magasabb az előfordulási arány. Ugyanezt a vizsgálatot elvégezve a klímamodellek adatai mindhárom klímaablakra egyértelműen az extrém csapadékos napok számának következetes növekedését vetítik előre. Az egyes területek kitettséget az éghajlatváltozással esetlegesen gyakoribbá váló, extrém mennyiségű napi csapadékkal járó helyzeteknek az eredményekhez hozzárendelt 5 kategóriás osztályozási rendszere alapján adták meg a kutatók, ahol az 1-es kategória a kevéssé, az 5-ös az extrém csapadéknak leginkább kitett területeket jelöli. A küszöbértéket meghaladó csapadékos esetek várható jövőbeli változását és annak területi eloszlását foglalja össze az alábbi ábra, ahol a két baloldali térkép a 2021-2050, a két jobboldali a 2071-2100 időszakra vonatkozik, felül az ALADIN-Climate, alul pedig a RegCM modellek adatai alapján.

A klímamodellek eredményei alapján a 2021–2050 időszakra Magyarország területének számottevő hányadán várható a kritikus értéket meghaladó csapadékos napok számának növekedése, egyes régiókban azonban a gyakoriság nem változik, vagy akár csökkenhet is. A csökkenés mértéke jellemzően nem haladja meg a kétévenkénti egy esetet, abban azonban, hogy ez mely területeket érinti, nem egységes a két modell.

Következtetések: Bár a változás mértékében vannak eltérések a két modell alapján, abban egyeznek az eredmények, hogy a század végére lényegében az egész ország területén számíthatunk a kritikus értéket meghaladó csapadékos napok számának növekedésére. Ez a növekedés összességében az Alföld térségét érinti a legkevésbé, itt a gyakoriság-változás egyik modell szerint sem éri el az évi egy napot. Az ALADIN a gyakoriság-növekmények egyenletesebb eloszlását mutatja az ország területére, a RegCM az északi régiókra nagyobb mértékű változást becsül, helyenként akár két-évenként három napot is. Mindez felhívja a figyelmünket a villámárvíz elleni védekezésre való felkészülés fontosságára, mind infrastruktúra-fejlesztési, mind előrejelzési szempontból.

A BALATON VÍZFORGALMÁNAK AZ ÉGHAJLATVÁLTOZÁS HATÁSÁRA BECSÜLT VÁLTOZÁSA

Hazai nagy tavaink (Balaton, Velencei-tó, Fertő-tó, Tisza-tó) kivétel nélkül jellegzetes sekély tavak, fontos jellemzőjük a környezeti (ezen belül az éghajlati) tényezők tér- és időbeli változásaira való nagyfokú mennyiségi (vízszintet, vízfelületet, vízkészletet érintő változások) és minőségi érzékenység.

Módszertan: A NATÉR vonatkozó kutatása legnagyobb tavunk, a Balaton vízforgalmának az éghajlatváltozás hatására becsült változásának irányával és mértékével foglalkozik. A csapadék, illetve a hozzáfolyás és a párolgás algebrai összegeként értelmezett természetes vízkészlet-változás becslését az

Országos Meteorológiai Szolgálat által az 1961–1990 referencia időszakra és a 2021–2050, valamint a 2071–2100 közötti 30 éves klímaablakokra vonatkozó ALADIN-Climate modell futtatási eredményeire épített és elvégzett hidrológiai számítások eredményeire alapozza a kutatás.

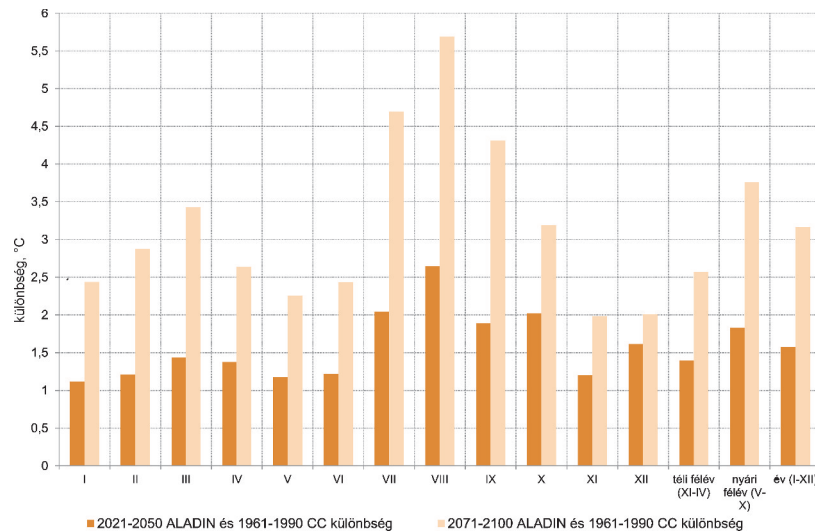
Eredmények: A 2021–2050 klímaablakra a tó vízgyűjtő területére hulló csapadék becsült alakulásában a referencia időszak átlagértékeihez viszonyítva áprilisban és a szeptember–november időszakban 10%-ot meghaladó növekedés várható, ugyanakkor januárban 32%-os csökkenés mutatkozhat. A 2071–2100 klímaablakra nyáron 10%-ot meghaladó csökkenés, télen 10%-ot meghaladó növekedés mutatkozik. A nyári csapadékcsökkenés súlypontja a július–augusztus időszakra, a téli félévi csapadéknövekedés súlypontja pedig a november–december időszakra koncentrálódik.

A 2021–2050 klímaablakra a Balaton-vízgyűjtő középhőmérsékletének alakulásában a referencia időszak átlagértékeihez viszonyítva félévi és évi időhorizonton számottevő mértékű (1 °C-ot meghaladó) változás valószínűsíthető. A nagyobb mértékű melegedés (1,8 °C) a nyári félévre becsülhető.

A 2071–2100 klímaablakra már 2°C-ot is meghaladó változást valószínűsítenek. A nagyobb mértékű melegedés (3,8°C) szintén a nyári félévre becsülhető.

Látható, hogy a tényleges párolgás becsült növekedésének alapvetően nem a csapadékmennyiség változása az oka, hanem a becsült erőteljes melegedés. A jövőbeni klímaablakok időszakában tehát a becslés szerint alig változó átlagos évi csapadékmennyiség mellett a párolgás jelentős mértékű emelkedése valószínűsíthető, ami a Balaton vízháztartása szempontjából jelentős hozzáfolyás-csökkenést eredményezhet.

A 2021–2050 klímaablakra a Balaton párolgásának alakulásában a referencia időszak átlagértékeihez viszonyítva félévi és évi időhorizonton számottevő mértékű (10%-ot



A Balaton-vízgyűjtő havi, félévi és évi középhőmérsékletének a referencia időszak átlagától való abszolút eltérései a jövőbeni klímaablakok (2021-2050 és 2071-2100) idején (°C)

meghaladó) változás valószínűsíthető. A 2071-2100 klímaablakra még nagyobb mértékű változás (40%-ot meghaladó növekedés!) várható. Havi szinten a referencia időszakhoz képest a legnagyobb eltérések (57-73%!) a július-szeptemberi időszakban mutatkoznak.

Következtetések: Az ALADIN-Climate modell becslései szerint a Balaton vízgyűjtő területén jelentős éghajlatváltozás következhet be a 2021-2050 és a 2071-2100 időszakban. A legmarkánsabb változás a hőmérséklet becsült emelkedése, aminek következtében a vízgyűjtő területen és a szabad vízfelületen egyaránt a párolgás növekedése valószínűsíthető. Emiatt megváltozik a vízgyűjtő vízháztartási képe, ami jelentős lefolyás-csökkenést eredményez, a Balaton a vízmérlegének bevételi oldalán hiányt okozva. Ez különösen a 2071-2100 klímaablak időszakában alapvetően megváltoztatja a tó hidrológiai képét. A tó vízcseré-aktivitása jelentősen romlik, gyakrabban és tartósabban fordulnak elő lefolyástalan időszakok, sőt a XXI. század utolsó évtizedeiben a Balaton gyakorlatilag lefolyástalan tóvá változhat. A tartósan deficités vízháztartási helyzet miatt a tó fokozatosan új hidrológiai egyensúlyi állapot felé mozdul el. Ez a vízszintcsökkenés mellett felületcsökkenést is jelent. Ennek következtében a vízmérlegelemek szélsőségei

mérséklődhetnek, ugyanakkor a tó hasznosításával kapcsolatos igények fenntartható kielégítése napjainkban ismert tartalmában és formájában nem lesz lehetséges.

A teljes vízforgalom alakulásában nem hagyható figyelmen kívül az antropogén hatások sora [a Sió-csatornán keresztüli lefolyás-szabályozás elveinek és gyakorlatának jövőbeli módosulásai, a tavat közvetlenül érintő vízhasználatok (vízkivételek, vízbevezetések a vízrendszerbe) hatása, a vízgyűjtő területhasználatának változásai]. A felsorolt tényezők hosszú távú, 6-8 évtizedre előretekintő alakulását gyakorlatilag lehetetlen megbecsülni.

AZ ÉGHAJLATVÁLTOZÁS HATÁSA A FÖLDHASZNÁLATRA

Antropogén földhasználatról attól kezdve beszélhetünk, hogy az ember a természet alkotta tájat saját igényei kielégítése érdekében manipulálni kezdte. A történelem során ez a tájra gyakorolt befolyás egyre nő, mialatt a zöld környezet területe és eltartó képessége is csökken. Egyre nagyobb lakosságot kell ellátni egyre kisebb területen, melynek termőképességét a termőhelyi tényezők befolyásolják: itt lép be az éghajlatváltozás hatása. Megoldandó feladat a művelésre alkalmas területek meghatározá-

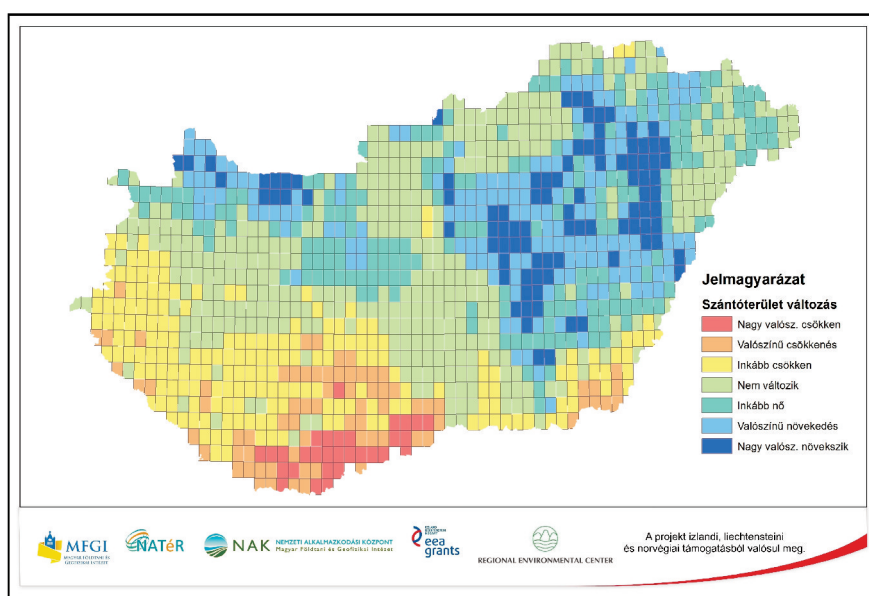
sa, távolabbi idősíkokba is kivetítve, párhuzamosan a technológiai rendszerek fejlesztésével, hogy a rendelkezésre álló kevés területet a lehető leghatékonyabban és a legkisebb környezeti terheléssel lehessen hasznosítani a jelen és jövő generációk érdekében.

Módszertan: Az éghajlatváltozás földhasználatra gyakorolt várható hatásának elemzése KSH adatok, hazai és nemzetközi irodalmi források, távérzékelési és erdészeti adatok, valamint a NATÉR legújabb kutatási eredményeinek felhasználásával történt. A klimatikus tényezők szerepe ebben a helyzetben meghatározó, mivel alapvetően befolyásolják a legnagyobb részarányú földhasználati formák (szántó, gye, rét, legelő, erdő) alapvető növénykultúráinak természetviszonyait. A vizsgálat így az éghajlatváltozás okozta hozamváltozásokat vette alapul az egyes földhasználati kategóriák becsült területváltási indexének meghatározásakor; területfoglalással súlyozott, standardizált hozamváltozási mérőszámokat használva indikátorként a földhasználati kategóriák közötti változások előrejelzésére. Három művelési ág becslésére volt lehetőség, a prioritási sorrendet is jelezve: szántó, erdő, gye.

Eredmények: Az egyes földhasználati kategóriák, mezőgazdasági növénytermesztést szolgáló területek megoszlása elsősorban a tár-

sadalmi és gazdasági szükségletek és lehetőségek szerint alakul. A populáció és a technológiai szint együttesen befolyásolja a mezőgazdasági (élelmiszertermelési célú) területek nagyságát. Magyarország területének 86%-a termőterület, a mezőgazdasági területek aránya pedig a 2015-ös KSH adatok szerint 57%. A népesség változása a kutatási eredmények és a statisztikák alapján közép és hosszú távon is inkább csökkenő, vagy legfeljebb stagnáló tendenciát fog mutatni, így vélhetően ebből az elsődleges okból sem a települések területe, sem a mezőgazdasági területek nem növekednek majd. Sokkal inkább várható egy területhasználati optimalizálás, mint társadalmi célú földhasználat váltás.

A magyarországi földhasználati kategóriák 30 éves távlatú vizsgálatai is megmutatták, hogy a mai földhasználati változásoknak elsősorban társadalmi-gazdasági okaik és hozam, illetve haszonvételi optimalizálási céljai vannak. Mivel sem az elmúlt 30 évben, sem előtte a klimatikus feltételek nem korlátozták a földhasználati formák kialakulását, és a vizsgálatok szerint belátható ideig még nem is kell számolni egyes földhasználati formák klimatikus okokra visszavezethető ellehetetlenülésével, az agrárium területén belül a földhasználat-váltásoknak elsősorban a hozamviszonyok, vagy a haszonvételi lehetőségek fognak irányt adni.



Szántóterületek változásának becslése Magyarországon 2071–2100

Következtetések: A modellezett éghajlatváltozás egyértelműen negatív hatással lesz mind a mező-, mind az erdőgazdálkodás szempontjából a nyugat-dunántúli és a dél-magyarországi régiókra. Ezekben a térségekben mind a szántóföldi növénytermesztés, mind az erdőművelési ág adottságai romlani fognak. Ezeken kívül elsősorban a domb- és hegyvidéki erdőtársulások területén várható kedvezőtlen elmozdulás. További hátrányos terület lesz a Nyírség homokterületeinek erdőművelési ága. A szántóterületek esetében elsősorban a már említett dunántúli és déli területeken lehet visszaesésre számítani, míg az észak-magyarországi régiókban javulhatnak a növénytermesztés feltételei. A kelet-magyarországi és a közép-magyarországi gyepek és rétek, legelők területében csökkenés várható, míg Dél- és Nyugat-Magyarországon e területtípusok növekedését prognosztizálják.

AZ ÉGHAJLATVÁLTOZÁS HATÁSA A MEZŐGAZDASÁGI BIOMASSZA-TERMELÉSRE

A világ népessége 2050-re várhatóan eléri a kilenc milliárd főt, ezzel együtt az élelmiszer- és takarmánynövények iránti szükséglet a maihoz képest 70%-kal nőhet. A kihívás még nagyobb, ha tekintetbe vesszük, hogy a szélsőséges időjárási jelenségek (aszályok, árvizek) valószínűsége növekedni fog. További termésvesztésekkel és csökkenő termésbiztonsággal lehet számolni, új állati kártevők, gyomok és növénybetegségek jelenhetnek meg.

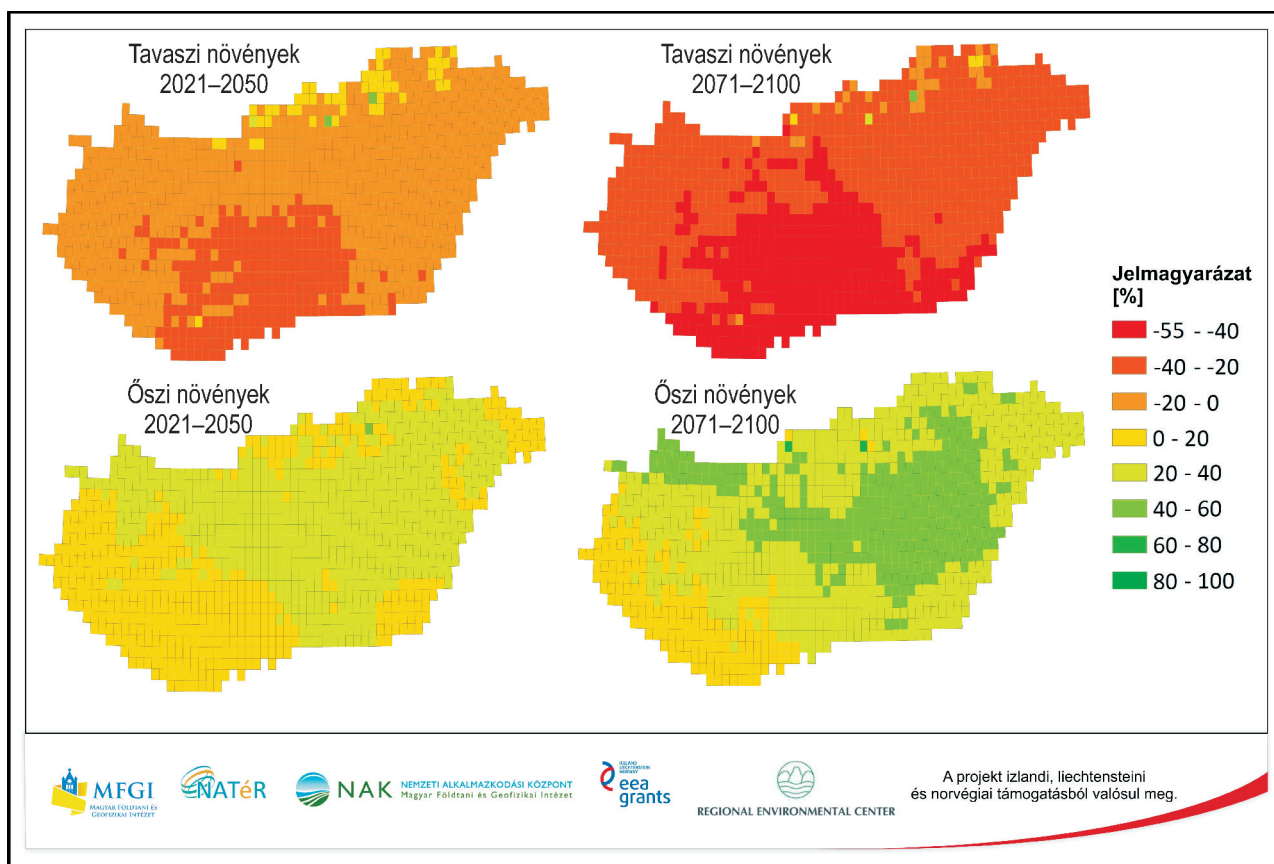
Módszertan: A termés-szimulációs modelleket gyakran használják az éghajlatváltozás várható hatásainak becslésére helyi vagy globális szinten. A kutatás során egy ún. 4M (a talaj-növény rendszer főbb folyamatait leképező) termés-szimulációs modellt kalibráltak, majd ezt összekapcsolták két, a legújabbak közé tartozó éghajlatváltozási projekcióval, továbbá egy nagyfelbontású, országos térinformatikai adatbázissal. A munka célja előrejelzések készítése volt az öt legfontosabb szántóföldi növény biomassza-termelésére. A modellt a Magyarország területét 1104 cellával lefedő, 10×10 km-es tér-

beli felbontású CarpatClim-Hu adatbázis, a 0,1×0,1 km felbontású DoSoReMi talajadatbázis, és a FADN-ből (Farm Accountancy Data Network) származó 294 reprezentatív mezőgazdasági vállalkozás 2001–2010 közötti adatainak használatával kalibrálták. Ennek célja annak a paraméter-kombinációnak a megtalálása volt, ami esetében a legkisebb az eltérés a számított és a megfigyelt termések között. Az éghajlatváltozás biomassza-produkcióra gyakorolt hatását ez alapján a modellkimenetek különbségeiként definiálták, melyeket jövőbeli (becsült) és jelenlegi (megfigyelt) klímaadatok felhasználásával kaptak. Jövőre vonatkozó időjárási adatok a 2021–2050 és a 2071–2100 időszakokra voltak elérhetőek.

Eredmények: Az éghajlatváltozás hatásainak becslésekor a modell számolt a légköri CO₂-arány növekedésével; a megnövekedett hőmérséklet miatt rövidülő termésidőszakokkal; a magasabb hőmérséklet miatt felgyorsult avarbomlással; a nagyobb vízstresszek hatására lecsökkent fotoszintézissel és a pollenkiszóródás idején uralkodó szélsőségesen magas hőmérséklet miatt hiányos beporzással. Az eredmények alapján az alábbi térképek a referencia-időszakhoz (1961–1990) viszonyított relatív termésváltozásokat mutatják be a tavaszi (kukorica, napraforgó) és őszi (búza, árpa, repce) haszonnövények esetében.

Következtetések: A tavaszi vetésű növények (pl. kukorica) vonatkozásában komoly terméscsökkenésre kell számolni a távolabbi jövőben (2071–2100), e termények termésbiztonsága egész Magyarország területén csökkenni fog. Az őszi vetésű növények (pl. búza) egyre magasabb terméseket mutathatnak a XXI. század végéhez közeledve, a maiaknál akár 50%-kal magasabb eredmények is elérhetőek lesznek bizonyos területeken. A búza, az árpa, a repce szignifikánsan magasabb (30%-nál nagyobb) terméseket hozhatnak a 2071–2100 periódusban.

A légkör szén-dioxid-koncentrációja megduplázódhat a vizsgált periódusban, aminek nagyon komoly termésnövelő hatása van az



A referencia időszakhoz (1961–1990) viszonyított relatív termésváltozások a tavaszi (kukorica, napraforgó) és őszi (búza, árpa, repce) haszonnövények esetében

elsődleges biomassza-produkcióban, és bizonyos mértékben ellensúlyozza a vízhiány negatív hatásait.

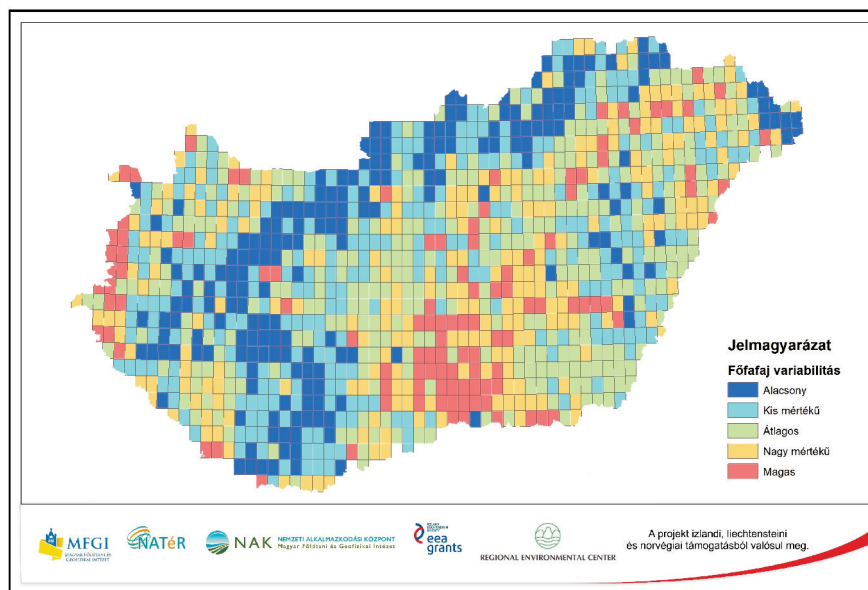
Öntözéssel elméletileg akár 50%-os termés-növekedés is elérhető bizonyos területeken a 2071–2100 időszakra; kukorica esetén az országos átlag még 75% feletti javulást is elérhet. Számos területen a tavaszi és őszi növények öntözése nagymértékben, illetve mérsékelt nyereséges lehet. Úgy tűnik: megéri öntözési beruházásokba fektetni – szem előtt tartva azt, hogy az öntözés nem megvalósítható / nem ajánlott bizonyos területeken.

A gazdálkodók az éghajlatváltozás negatív hatásait csökkenthetik, ha az agrotechnikát a változó környezeti körülményekhez igazítják, így pl. növelik az őszi vetésű növények arányát a vetésforgóban; korábban vetnek; gyorsan érő vagy magasabb aszálytűrő képességgel rendelkező fajtákat alkalmaznak; vagy más, alternatív növényeket is bevonnak a termesztésbe.

AZ ÉGHAJLATVÁLTOZÁS HATÁSA AZ ERDŐGAZDÁLKODÁSRA

A fenntartható erdőhasználat Magyarországon csak az erdei erőforrások fokozatos gyarapításával valósítható meg. Hazánk erdővagyonával valamivel több, mint 2 millió ha, így az erdősültség 21,5%-os értéket mutat. Erdünk két legnagyobb rendeltetési kategóriája a gazdasági, amely erdeink majdnem kétharmadát jelenti, míg a fennmaradó erdők nagy része elsődlegesen védelmi funkciójú. Erdünk zöme elegyes lomberdő.

Területfoglalás tekintetében az összesen 21,5%-nyi erdőterületen belül jelentős mértékű a tölgyek reprezentáltsága: 20,5%. A bükk, mint jelentős gazdasági értékű fafaj, 6%-ot foglal el. Üde erdeink jelentős elegyfaja, a gyertyán 5,5%-os részesedéssel. Külön ki kell emelni az akácot, amely idegenhonos léte ellenére önmagában a legnagyobb területarányú fafajunk, 23%-os területi részesedéssel. Az őshonos és egzóta fenyők területi aránya 13,3%.



A fakorosztályok főfajainak változatossága

Erdőgazdálkodásunk gerince a vágásos, korosztályos erdők kezelésén alapul, azonban egyre növekvő hangsúlyt kap a természetközeli gazdálkodási mód is. A természetközeli erdők aránya durván 50%. Erdeink másik fele akácos, fenyves, nyáras kultúrerdők.

Módszertan: Erdőterületek éghajlatváltozással szembeni kitettségét leginkább az erdészeti klímaosztályok változásával becsülhetjük. A kutatás megvizsgálta, hogy a rendelkezésre álló klímamodellekben a referencia időszaknak tekintett 1960–90 között jellemző klímaosztály-területek hogyan változnak meg a rendelkezésre álló két időablak – 2021–2050 és 2071–2100 – esetében. A vizsgálatokhoz használható két klímamodell közül az ALADIN modell jelentősebb eltéréseket mutatott, mint a RegCM, ezért a továbbiakban ezt a kedvezőtlenebb becslést használták.

Eredmények: A vizsgált klimatikus feltételek megváltozása jelentősen befolyásolja az erdészeti klímaosztályok térbeli eloszlását. Mindez várhatóan igen jelentős hatást gyakorol a jelenlegi erdőterületek hasznosíthatóságára. A hatások többféle módon nyilvánulhatnak meg, így a nagy hozamú, de klímaérzékeny főfafajú erdőállományok szerkezetátalakításában, a számottevő hozamcsökkenésben, gazdasági erdőből véderdővé alakulásban, vagy akár az erdőterület-csökkenésben az erdőborításra való alkalmatlanná válás okán.

A legidősebb erdeink általában a leginkább természetes állapotúak is, egyben változatos életközösséget is jelentenek, mivel a kor- és méretbeli diverzitás együtt jár a magasabb szintű biodiverzitással is, ami az alkalmazkodóképesség egyik fő forrása. Ezeknek az erdőterületeknek a jelentős részén gyakorlatilag most kell eldönteni, milyen felújítási stratégiát és fafaj-összetételt választunk a következő 100–150 évre, így éghajlatváltozási szempontú értékelésük mihamarabb elvégzendő. A jelentősebb erdőterülettel bíró országrészekeken meghatározó szerepe lesz az erdőgazdálkodás alkalmazkodását segítő intézkedéseknek.

Az egyes korosztályok jelenleg legnagyobb területfoglalással bíró főfafajai mutatják legjobban, hogy miképpen változik a jövő erdeinek állományszerkezete, és hogy a múltban mikor, mely fafaj-politikai irányelvek játszottak meghatározó szerepet (utóbbiakról ma a hátramaradt erdők tanúskodnak).

A természetközeli erdeink területén megmaradt a bükk, a kocsánytalan tölgy, a cser-tölgy és a kocsányos tölgy vezető részaránya, aminek üzenete, hogy a természetközeli erdőterületeinken a jövő erdőállományainak kialakításában jelenleg nincs érezhető jele az éghajlatváltozásra való felkészülésnek. Ez nem feltétlenül hiba, de mindenképpen figyelmet kell fordítani rá a

jövőben. A fiatal erdők esetében az akác dominál, melynek ilyen általános megjelenése arra utal, hogy nagyon preferált fafaj az újabb erdőtelepítések létrehozásakor. Várhatóan a jövőben emelkedik majd az akác és a nemes nyár területaránya.

Az egyes korosztályok főfafajai a legnagyobb változatosságot az alföldi, folyóvölgyi és síkvidéki homokterületek, valamint a nyugati határszéli területek esetében mutatják. Ezzel ellentétben domb és hegyvidékeink zömén alacsony értékű a korosztályok között számított, terület alapú főfafaj-változatosság.

Ez alapvetően a természetközeli erdők konzervatív fafaj-politikájára vezethető vissza: kisebb diverzitással jellemezhetők tehát a természetközeli erdeink, mint a kultúrerdők. Ez az egyik oka annak, hogy a vizsgálatok éppen a természetközeli erdőkkel borított területeken jeleznek egyértelműen negatív, éghajlatváltozásból eredő hatást, míg változó, de néhol javuló tendenciát a kultúrerdők esetében. Mindenképpen indokolt tehát az erdőállományok főfafaj- és korosztály-szinten egyaránt végrehajtott diverzifikálása.

Következtetések: A jövőre nézve az egyik legfontosabb kérdés az erdőfelújítások témaköre. Ehhez a tevékenységhez megfelelő minőségű és mennyiségű szaporítóanyagra lesz szükség, aminek ellátó hátterét ki kell építeni, illetve a meglévő szaporítóanyagbázisokat fenn kell tartani. Mindezt nem csak a szaporítóanyaghoz kötött kultúrerdők esetében, hanem a természetközeli erdőállományok szaporítóanyag-készletei kapcsán is szem előtt kell tartani.

Utóbbiaknál a hektikusabb magtermések, és az újulat számára kedvezőtlen aszályos periódusok gyakoriságának növekedése emelik a természetes felújítások kockázatát. Fejleszteni kell mind a vegetatív, mind a generatív szaporítóanyag ellátási rendszert, az erdészeti génmegőrzési hálózatokat, valamint fel kell készülni a kárpát-medencei szaporítóanyag-forrásokból származó anyaggal folytatott származási kísérletek elindítására.

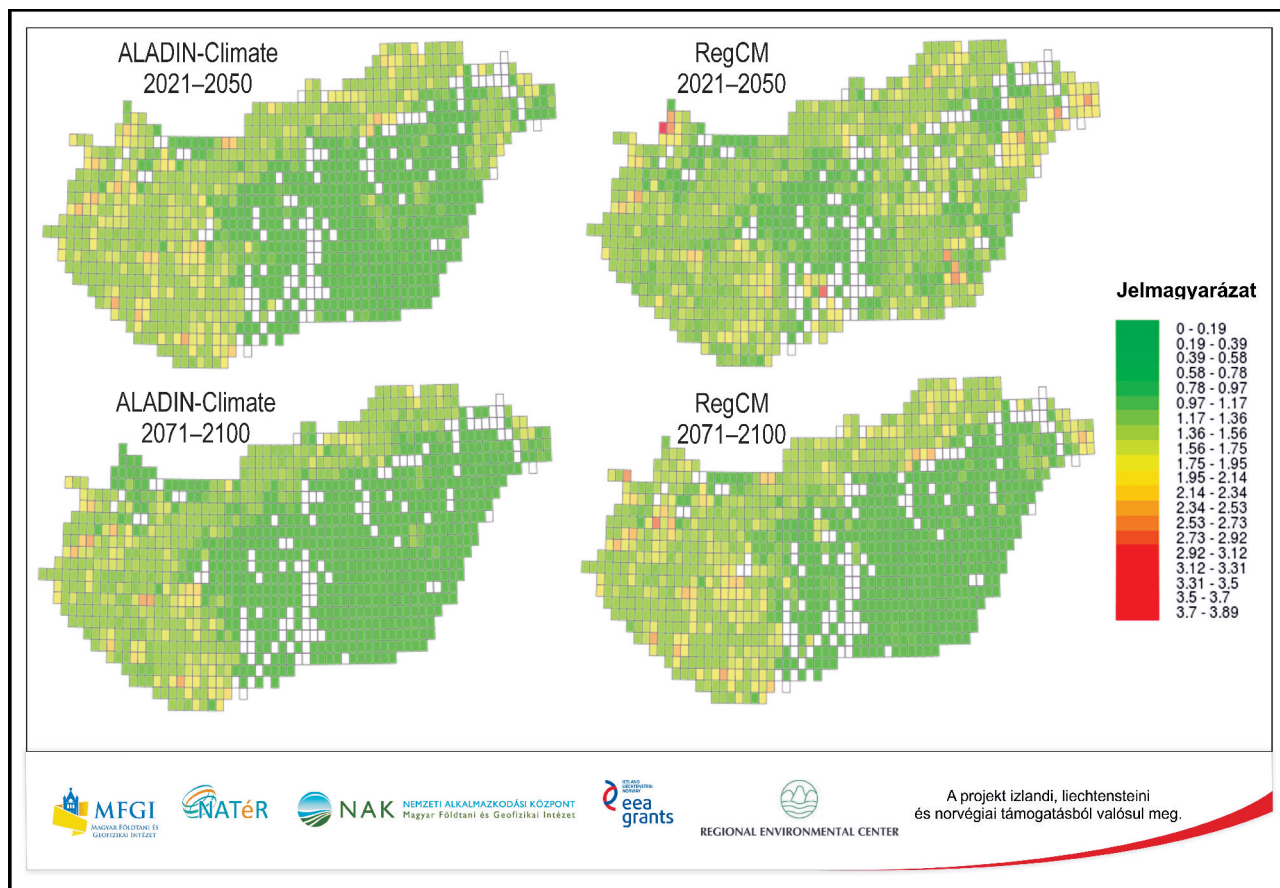
AZ ÉGHAJLATVÁLTOZÁS HATÁSA A TERMÉSZETES ÉLŐHELYEKRE

A természetes és féltermészetes ökoszisztémák önszerveződő rendszerek, fizikai és biológiai tulajdonságaik határozzák meg klímaérzékenységüket és alkalmazkodási kapacitásukat, amely függőségek modellek segítségével írhatók le. Az itt bemutatott vizsgálat célja a CIVAS keretrendszer elemeinek becslése Magyarország leginkább klímaérzékeny élőhelyeire (climate sensitive natural habitats - CSH).

Módszertan: Első lépésként megtörtént a magyarországi élőhelyek klímaérzékenységének felderítése és a CSH-k kiválasztása bioklimatikus modellek segítségével, amit ezen élőhelyekre a várható hatás (PI) meghatározása követett a modellek jelen és jövőbeli viszonyokra alkalmazásával. Az alkalmazkodási képesség (AC) számítás a CSH-kra Czucz és mtsai. 2011-es fogalmi keretrendszerének megfelelően történt meg, majd a kutatók egy kidolgozott példát hoztak a hatás- és adaptációs képesség alapokon történő sérülékenység-elemzésre.

A klímaérzékenységet az élőhelyek megfigyelt előfordulásai és az ott tapasztalható környezeti viszonyok alapján határozták meg. Az élőhelyi megfigyelések Magyarország Élőhelyeinek Térképi Adatbázisára építkeztek. A környezetet leíró változók (éghajlat, talaj- és vízrajzi viszonyok, domborzat) a NATÉR-ből származtak. Az adaptációs kapacitás esetén az élőhelyek táji természetességét, az élőhely-diverzitást (menynyire heterogén a táj) és a táj összekötöttségét vette figyelembe a kutatás. A várható hatást adott élőhely jelenlegi és a jövőbeli előfordulási valószínűségének különbségével jellemezték két jövőbeli időszakra (2021–2050; 2071–2100), két eltérő klímamoddellel, így PI-t négy változatban becsülve. A sérülékenység (V) a hatások és az alkalmazkodóképesség függvénye. Minél nagyobb a várható hatás, az élőhely annál sérülékenyebb, ám a hatást csökkentheti az adaptációs képesség.

Eredmények: A leginkább klímaérzékenyek



Természetes élőhelyek sérülékenysége a leginkább klímaérzékeny 12 élőhely sérülékenysége alapján a NATÉR négyzetekre vonatkoztatva. A sérülékenység a zöld színtől a piros felé növekszik

minősülő 12 élőhely-típus hazánkban a vizsgálat szerint a mészkerülő lombegyes fenyesek; a törmeléklető-erdők; a padkás szikesek és szikes tavak iszap- és vakszik növényzete; a bükkösök; az úszólápok, tőzeges nádasok és téli sásosok; az alföldi zárt kocsányos tölgyesek; a löszgyepek és kötött talajú sztyepprétek; a hegylábi zárt erdősztyepp és lösztölgyesek; a cseres tölgyesek; az erdős sztyepprétek; a fűzlápok; illetve a gyertyános tölgyesek.

Az éghajlatváltozás várható hatása (PI) jellemzően kedvezőtlen lesz a klímaérzékeny erdőkre. A többi (egyben fátlan) klímaérzékeny élőhely legalább részben profitálni látszik az éghajlatváltozásból. A vizes élőhelyeknél ez a megnövekedett téli csapadék eredménye lehet. A löszsztyepprekre és az egyéves szikes vegetációra kedvező hatás prognosztizálható, hiszen a szikes talajok jellemzően száraz és meleg éghajlaton alakulnak ki, amerre a hazai klíma is halad a forgatókönyvek szerint.

A magyarországi CSH-k többsége klímazonális és elterjedt élőhely, így viszonylag magas adaptációs képességgel rendelkeznek, ami nagyban kompenzálhatja a várható hatást.

A kutatók demonstratív jelleggel maguk is készítették egy táji szempontú sérülékenységelemzést, amelyben először élőhelyenként számoltak sérülékenységet. Ennek becslése is négy rétegben készült el a jövőbeli időszakoknak és klímamodelleknek megfelelően. A részabrák címei a jövőbeli időszakokra valamint a használt klímamodellre vonatkoznak. A színskála a zöldtől a piros felé növekvő sérülékenységet jelez. A klímamodellek meglehetősen egységes képet mutatnak a hosszú távú (2071–2100) sérülékenység viszonylatában. A természetes vegetáció erőteljesebben lesz sérülékeny Nyugat-Magyarországon és a középhegységekben, valamint a Nyírség keleti részén. Ennek valószínű oka, hogy az erdővegetáció a leginkább sérülékeny az éghajlatváltozás szempontjából.

Következtetések: A klímaérzékeny élőhelyek jórészt lefedik a hazai klímazonális vegetációt, így az ezek alapján levont következtetések várhatóan reprezentatívak az éghajlatváltozásra adott reakciók kapcsán. Fontos jövőbeli kutatási irány, hogy bővítsük a felhasznált klímamodellek körét, illetve a vizsgált jövőbeli időszakokat. A hatás- és adaptációképességbecslések bekerültek a NATÉR online adatbázisba, ami tudományos elemzések és gyakorlati vizsgálatok széles skáláját, pl. sérülékenységelemzések lefolytatását teszi lehetővé a jövőben, és ezek eredményeinek becsa-

tornázását a természetvédelmi és restaurációs prioritások megállapításába, tájértékelésekbe, tájtervezési feladatokba.

A NATÉR 2013-as indulása óta a projekt folyamatosan fejlődő eredményeit az MFGI és szakértői rendre megosztották a szakmai szereplőkkel és a tágabb érdeklődő közönséggel egyaránt. A következőkben a főbb diszszeminációs kategóriáinként (megrendezett események, tudományos/szakmai fórumokon való részvételek, publikációk, egyéb promóciós eszközök) végighaladva ismertetjük a legfontosabb tudásmegosztási elemeket.

A TUDÁS MEGOSZTÁSA — PROJEKTEREDMÉNYEK DISSZEMINÁCIÓJA



ESEMÉNYEK

Projektindító konferencia (Kick-off Meeting). 2013. október 14. Budapest.

Talaj – Éghajlat – Alkalmazkodás műhelymunka a NATÉR Projekt (MFGI) és a Magyar Tudományos Akadémia Agrártudományi Kutatóközpont Talajtani és Agrokémiai Intézet (MTA ATK TAKI) kutatói (26 fő) részvételével. 2014. december 2. Budapest.

Bilaterális műhelymunka a NATÉR Projekt munkaközi eredményeinek megvitatására, norvég és magyar szakemberek részvételével. Az eseményt az MFGI és a REC szervezte, az EGT / REC Bilaterális Alap finanszírozta. 2015. október 19–20., Budapest.

Műhelymunka és szakmai vita a C–11, C–12, C–13 projektek munkaközi eredményeiről és a hasznosítási lehetőségekről. 2015. november 3., Budapest.

ELŐADÁSOK, POSZTEREK

A NATÉR projekt. Előadás a „Változó éghajlat – változó közösségek. A fenntartható energiaellátás lehetőségei és jó gyakorlatai” konferencián. Nemzetstratégiai Kutatóintézet, 2014. február 6., Budapest.

A NATÉR projekt. Poszter a RENEXPO® (Central Europe Nemzetközi Kiállítás és Konferencia a megújuló energiákról és energiahatékonyságról) rendezvényen. 2014. március 12–13.

A NATÉR projekt bemutatása. Előadás, EuroGeosurvey 36th General Meeting, 2014. március 24–27., Brüsszel.

A NATÉR projekt bemutatása. Előadás, XXI. Konferencia a felszín alatti vizekről, 2014. április 2–3., Siófok.

A NATÉR projekt. Poszter. Öko City kiállítás, 2014. április 2–6., Budapest.

A NATÉR projekt bemutatása. Előadás, 29th Annual Meeting of Geoscience Information Consortium (GIC), 2014. május 26–30., Szlovákia.

A NATÉR projekt. Előadás, Alkalmazkodás a Klímaváltozáshoz Program tanulmányút, 2014. június 24–27., Bergen, Norvégia.

A NATÉR projekt bemutatása. Előadás, Climate Change Adaptation Forum, 2014. június 26., Budapest.

A NATÉR projekt bemutatása. Előadás, Magyar Földtudományi Szakemberek XII. Találkozója (HUNGEO), 2014. augusztus 20–24. Debrecen.

A NATÉR projekt bemutatása. Előadás, 41st IAH International Congress on Groundwater: Challenges and Strategies. 2014. szeptember 15–19., Marrakes, Marokkó.

A NATÉR projekt bemutatása. Előadás, Lett delegáció tanulmányútja az EGT Alapok kiegészítő tevékenységeinek keretében, a REC-ben. 2014. október 6–7., Szentendre.

A NATÉR projekt bemutatása. Előadás, ESRI Magyarország, Felhasználói Konferencia. 2014. október 9., Budapest.

A NATÉR projekt. A REC munkatársa által tartott előadáshoz készített anyag a NATÉR-ről. Előadás, Showing What's Possible: Computer Simulation and GIS Mapping for Decision Makers — a Klímaváltozás Világkonferencia (COP20) kísérő rendezvénye, 2014. december 12., Lima, Peru.

A NATÉR projekt bemutatása. Előadás, EWA Tavasz Napok 2015, Budapesti Víz Konferencia, 2015. március 4–6., Budapest.

Rotár-Szalkai, Á., Gál, N., Szőcs, T., Tolmács, D.: Characterization of climate change sensitivity of Drinking Water Protection Areas. Poszter. EWA Spring Days 2015 Budapest Water Conference, 2015. március 4–6., Budapest.

A NATÉR projekt bemutatása. Előadás, 20th meeting of the IG CCA of the Network of European EPAs'. 2015. március 5–6., Róma, Olaszország.

A NATÉR projekt bemutatása. Előadás. XXII. Konferencia a Felszín Alatti Vizekről. 2015. április 24., Siófok.

A NATÉR projekt bemutatása. Előadás. Az „EEA-C13–10 RCMTÉR — A sugárzási kényszer változásán alapuló új éghajlati scenáriók a Kárpát-medence térségére” projekt indítóértekezlete. 2015. április 27., Budapest.

A NATÉR projekt bemutatása. Előadás, The GIC's 30th Anniversary Conference at BGR, 2015. május 4–8., Hannover, Németország.

A NATÉR projekt bemutatása. Előadás, VI. Magyar Tájökológiai Konferencia, 2015. május 21–23., Budapest.

A NATÉR projekt bemutatása. Előadás, 6. Térinformatikai Konferencia és Szakkiállítás, 2015. május 28–29., Debrecen.

A NATÉR projekt bemutatása. Előadás, „A klímaváltozékonyosság okozta sérülékenység vizsgálata, különös tekintettel a turizmusra és a kritikus infrastruktúrákra” projekt nyitórendezvény, 2015. június 1., Budapest.

A NATÉR projekt bemutatása. Előadás. Természeti erőforrások, földtani kockázatok, éghajlatváltozás: merre vezet a fenntarthatóság földtani útja? 2015. június 4., Budapest.

A NATÉR projekt bemutatása. Előadás, Az „RCMTÉR — A sugárzási kényszer változásán alapuló új éghajlati scenáriók a Kárpát-medence térségére”, valamint a „KRITÉR — A klímaváltozás okozta sérülékenység vizsgálata, különös tekintettel a turizmusra és a kritikus infrastruktúrákra” projektek közös hatásvizsgálói konzultációs workshop-ja, 2015. június 22., Budapest.

A NATÉR projekt bemutatása. Előadás, Az EEA-C12–11 Magyarország hosszú távú társadalmi és gazdasági fejlődési pályájának előrejelzése c. projekt indítóértekezlete, 2015. június 23., Budapest.

A NATÉR projekt bemutatása. Előadás, 58th Annual Symposium of the International Association for Vegetation Science (IAVS), 2015. július 18–26. Brno, Csehország.

Bede-Fazekas, Á., Czúcz, B., Somodi, I.: Development of fine-scale ecological database for the National Adaptation Geoinformatic System (NAGIS), Hungary. Poszter. 58th

Annual Symposium of the International Association for Vegetation Science: Understanding broad-scale vegetation patterns. Data sources for broad-scale vegetation studies szekció. 2015. július 19–24, Brno, Csehország.

Lepesi, N., Botta-Dukát, Z., Somodi, I.: Binarization options of probabilistic predictions of Predictive Vegetation Models (PVMs) for NAGIS. Poszter. 58th Annual Symposium of the International Association for Vegetation Science: Understanding broad-scale vegetation patterns. Vegetation in macroecological modelling szekció. 2015. július 19–24, Brno, Csehország.

A NATÉR projekt bemutatása. Előadás, The 13th International Symposium on Geo-Disaster Reduction, 2015. augusztus 9–12. Prága, Csehország.

A NATÉR projekt bemutatása. Előadás, 10. Magyar Ökológus Kongresszus Konferencia, Pannon Egyetem, 2015. augusztus 12–14., Veszprém.

A NATÉR projekt bemutatása. Előadás, Az Európai Környezetvédelmi Ügynökség (EPA IG CCA) Klímaváltozáshoz való alkalmazkodással foglalkozó munkacsoportjának 21. ülése, 2015. szeptember 11. Budapest.

A NATÉR projekt bemutatása. Előadás, Hidrogeológusok Nemzetközi Szövetsége (IAH) 42. éves konferenciája, 2015. szeptember 14. Róma, Olaszország.

A NATÉR projekt bemutatása. Előadás, ESRI Magyarország Felhasználói Konferencia, 2015. október 8. Budapest.

A NATÉR projekt bemutatása. Előadás, Hidrogeológusok Nemzetközi Szövetsége, 2. Közép-európai felszín alatti vizek konferenciája, 2015. október 15., Constanța, Románia.

A NATÉR projekt bemutatása. Előadás, a Climate-KIC Területi tervezés a városi vízgazdálkodásban tematikájú képzésén. 2015. november 26. Budapest.

A NATÉR projekt bemutatása. A REC munkatársa által tartott előadáshoz készített anyag a NATÉR-ről. 6. Fenntartható Innováció Fórum, az ENSZ 21. Klímakonferenciájának (COP21) kísérő rendezvénye, 2015. december 4., Párizs, Franciaország.

A NATÉR projekt bemutatása. Előadás, Magyarország hosszú távú társadalmi és gazdasági fejlődési pályájának előrejelzése (C12–11) c. projekt zárórendezvényén, 2015. december 7., Budapest.

A NATÉR projekt bemutatása. Előadás, az 'AGRATÉR — Nemzeti Adaptációs Térinformatikai Rendszer kiterjesztése az agrárszektorban' projekt zárórendezvényén, 2015. december 21., Budapest.

A NATÉR Projekt tapasztalatai és a továbblépés lehetőségei. Előadás a NATÉR Projekt 2016. évi végrehajtásáról tartott műhelymunka keretében. 2016. március 18., MFGI, Budapest.

A Nemzeti Alkalmazkodási Térinformatikai Rendszer hasznosítási lehetőségei a tervezésben és a döntéshozásban. Előadás a kapcsolódó bemutató és szakmai napon. 2016. március 21., MFGI, Budapest.

A Nemzeti Alkalmazkodási Térinformatikai Rendszer létrehozása. Előadás a projekt zárókonferenciáján. 2016. április 13., MFGI, Budapest.

Kovács A., Marton A., Szócs T., Tóth Gy.: Climate change impact on shallow groundwater conditions in Hungary: Conclusions from a regional modelling study. Előadás. EGU General Assembly, 2016. április 17–22., Bécs.

Szalkai, Á.: Climate vulnerability of drinking water supplies. Előadás. EGU General Assembly, 2016. április 17–22., Bécs.

Selmecei, P.: Application of geographic information systems in the field of strategic planning in climate politics via the example of drinking water service. Előadás. EGU General Assembly, 2016. április 17–22., Bécs.

PUBLIKÁCIÓK

Rövid cikk a NATÉR projektről a REC Alkalmazkodás a klímaváltozáshoz c. hírlevelében.

Lepesi Nikolett – Botta-Dukát Zoltán – Somodi Imelda: Prediktív modellek valószínűségi becsléseinek binarizálási lehetőségei a NATÉR elemzések megalapozására. Konferencia absztrakt. VI. Magyar Tájökológiai Konferencia 2015. Tájhasználat és tájvédelem – kihívások és lehetőségek. 2015. május 21–23., Budapest. <http://tajokologiaikonferencia.hu/program>

Bede-Fazekas, Á., Czucz, B., Somodi, I.: Finom felbontású ökológiai adatbázis létrehozása a Nemzeti Alkalmazkodási Térinformatikai Rendszer (NATÉR) számára. Konferencia absztrakt. VI. Magyar Tájökológiai Konferencia 2015. Tájhasználat és tájvédelem – kihívások és lehetőségek. 2015. május 21–23., Budapest. <http://tajokologiaikonferencia.hu/program>

Orosz L., Mattányi Zs., Turczai G., Kajner P., Simó B., Viktor Zs.: A NATÉR (Nemzeti Alkalmazkodási Térinformatikai Rendszer) fejlesztés. In: Az elmélet és a gyakorlat találkozása a térinformatikában VI. Debreceni Térinformatikai Konferencia és Szakkiállítás. Konferenciakötet. Szerk.: Boda J. Debrecen Egyetemi Kiadó, 2015. <http://geogis.detek.uniideb.hu/Tkonferencia/2013/Kotet.php>

Lepesi N., Botta-Dukát Z., Somodi I.: Prediktív ökológiai modellek valószínűségi becsléseinek binarizációs stratégiái a Nemzeti Alkalmazkodási Térinformatikai Rendszer (NATÉR) számára. In: X. Magyar Ökológus Kongresszus. Pannon Egyetem, Veszprém, 2015. augusztus 12–14. Konferenciakötet. http://limnologia.hu/mok2015/bin/book_of_abstracts.pdf

Bede-Fazekas Á., Somodi I.: Éghajlati adatok statisztikai leskálázása a Nemzeti Alkalmazkodási Térinformatikai Rendszer (NATÉR) keretében megvalósuló ökológiai modell számára. In: X. Magyar Ökológus Kongresszus. Pannon Egyetem, Veszprém, 2015. augusztus 12–14. Konferenciakötet. http://limnologia.hu/mok2015/bin/book_of_abstracts.pdf

Kovács A., Marton A., Tóth Gy., Szócs T.: A sekély felszín alatti vizek klímaérzékenységeinek országos léptékű kvantitatív vizsgálata. Hidrológiai Közöny, 2015. év 4. szám

Rotárné Szalkai Á., Homolya E., Selmecei P.: Ivóvízbázisok klímasérülékenysége. Megjelenik a Hidrológiai Közöny, 2016/1. számában.

PR TEVÉKENYSÉGEK

A projekt első fázisában logo és honlap-arculatterv készült, az információs honlap elérhető lett a www.nagis.hu, illetve nater.mfgi.hu címeken.

2014 első negyedében szórólap készült a NATÉR-ről angolul és magyarul. A honlap angol és magyar változatban elkészült.

2015 nyarán a NATÉR hírlevél első száma és fordítása elkészült. A hírlevél magyar és angol nyelvű változatát kereken 730 címzett részére, e-mailen kézbesítették, a honlapra elhelyezték.

2015 őszén jelent meg a NATÉR hírlevél második száma magyar, illetve angol nyelven összesen több mint 760 címzett számára e-mailen kézbesítették, a honlapra elhelyezték.

A NATÉR projektet hivatkozta az AGRATÉR Projekttel kapcsolatos sajtóközlemény (Jövőtervezés a klímaváltozás tükrében címmel).

2015 őszén a REC honlapja cikket közölt a párizsi COP21-en tartott eseményről, ahol a NATÉR-t is bemutatták (Wisdom and progress: East meets West címmel).

A NATÉR-t is bemutatta az EGT Támogatási Alap hivatalos honlapján közölt cikk (Understanding the impacts of climate change in Hungary címmel).

LÉPJEN BE ÖN IS A NATÉR RENDSZERBE!

Felkeltették figyelmét az olvasottak? Szeretne többet megtudni az éghajlatváltozás hatásairól, a térségek sérülékenységről? Látható, hogy napjainkban, hazánkban is megkerülhetetlenek e kérdéskörök, melyek már rövid és középtávon is befolyásolják mindennapi életünket. E hatásokra felkészülni, ezeket mérsékelni, vagy ezekhez alkalmazkodni megfelelő tudást és információkat igényel-e szakmai háttér-információigényt hivatott kielégíteni a NATÉR. A rendszerben található adatok, elemzések segítséget nyújthatnak a klímastratégiai tervezéshez, helyi alkalmazkodási intézkedések szakmai megalapozásához. A rendszerben a klímamodellekből származó három klímaablakra (1961–1990 évek – referencia érték; 2021–2050, 2071–2100) vonatkozó adatok alapján a változás irányára és mértékére vonatkozó származtatott adatok teszik lehetővé a területi eltérések egymásra hatásának vizsgálatát.

A NATÉR elérése többszintű. Részben a regisztrációhoz nem kötött, nagyközönség számára elérhető felületekből áll, amelyekkel

így a polgárok klímatudatosságát támogató szemléletformáló eszközként működik. Másrészt a regisztrációhoz kötött információk széles köre lehetővé teszi egy adott téma (pl. területi klímaprojekciók, felszín alatti víztükörmódosulás stb.) vagy szakterület (pl. mező-, vagy erdőgazdaság) vizsgálatát és egymásra hatásának elemzését kutatók, oktatási intézmények, önkormányzatok számára.

Az eddigi eredmények lehetőséget adnak a klímasérülékenység térségi összehasonlító elemzésére, lehatárolhatók a kitett területek (hol hat a vizsgált változás?), lehetővé válik az érintettség megjelenítése, az alkalmazkodási képesség vizsgálata. Az információk adatbázisokban és térképeken vizsgálhatók, így szemléltetve a várható változások hatását, a lokális és térségi eltéréseket szemléltetve segítve elő a döntés-előkészítést, kutatást.

Regisztráljon ön is a rendszerbe a <http://nagis.hu/regisztracio> oldalon, és ismerkedjen meg a legfrissebb vonatkozó információkkal!

A NATÉR projekt izlandi, liechtensteini és norvégiai támogatásból valósul meg.

Jelen kiadvány Izland, Liechtenstein és Norvégia EGT-támogatásokon és a REC-en keresztül nyújtott anyagi hozzájárulásával valósult meg. A dokumentum tartalmáért a Magyar Földtani és Geofizikai Intézet felelős.

A kiadvány elkészítésének és a benne foglalt eredmények bemutatásának alapját a NATÉR projekt keretében lezajlott kutatások dokumentációi képezték.

Felelős kiadó: Dr. FANCSIK Tamás igazgató, MFGI.

Szerkesztette: Sütő Attila

Szakmai lektorok: Dr. CZIRA Tamás és Dr. PÁLVÖLGYI Tamás

További információk a támogatási programról:

www.nagis.hu

eea.rec.org

eeagrants.org

norvegalap.hu

ISBN 978-963-671-305-8

